

Evaluación de accesiones de árboles y arbustos forrajeros durante el período de establecimiento

Evaluation of forage tree and shrub accessions during the establishment period

Odalys C. Toral y J. M. Iglesias

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

Resumen

En la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey" se evaluaron 43 accesiones de árboles y arbustos forrajeros, provenientes de las prospecciones y colectas realizadas en diferentes ecosistemas de Cuba, con el objetivo de seleccionar las mejores durante el período de establecimiento. Existieron diferencias entre y dentro de las accesiones en cuanto al comportamiento durante dicho periodo. Trece accesiones de *Leucaena*, siete de *Albizia*, seis de *Bauhinia*, dos de *Enterolobium*, dos de *Cassia* y una de los géneros *Morus*, *Gmelina*, *Gliricidia* y *Moringa*, respectivamente, alcanzaron valores superiores a la media poblacional, por lo que se seleccionaron como las más promisorias. Después del trasplante a campo, 22 accesiones alcanzaron una altura promedio de 2,11 m entre los 7 y 14 meses, lo que superó el criterio establecido para el establecimiento. La supervivencia de estas accesiones durante el período osciló entre 80 y 100%, con excepción de *B. reticulata* y *P. discolor*. Se concluye que la evaluación de las accesiones, en un suelo de mediana fertilidad, mostró la existencia de individuos con una capacidad sobresaliente de adaptabilidad a esas condiciones, lo que permitió su selección en etapas tempranas del proceso selectivo; la variabilidad total fue alta en función de los indicadores medidos y/o estimados, lo que determinó una marcada diferenciación entre los individuos. La altura y los meses que demoraron las plantas en establecerse fueron los indicadores más variables, los cuales contribuyeron, de forma marcada, a la posterior agrupación y selección casuística de las accesiones sobresalientes; el 75% de las accesiones se adaptaron a las condiciones de suelo y fueron tolerantes, en función del régimen de explotación, si se considera que no se utilizó riego ni fertilización. Se recomienda incorporar las accesiones sobresalientes en etapas más avanzadas, relacionadas con investigaciones en sistemas donde se utilicen las arbóreas asociadas a pastos u otros sistemas en los que se prevea su uso.

Palabras clave: Árboles y arbustos, establecimiento de plantas, supervivencia

Abstract

At the Experimental Station of Pasture and Forages "Indio Hatuey", 43 forage tree and shrub accessions, from the prospections and collections conducted in different Cuban ecosystems, were evaluated in order to select the best during the establishment period. There were differences among and within the accessions regarding performance during such period. Thirteen accessions of *Leucaena*, seven of *Albizia*, six of *Bauhinia*, two of *Enterolobium*, two of *Cassia* and one from the genera *Morus*, *Gmelina*, *Gliricidia* and *Moringa*, respectively, reached values higher than the population mean, for which they were selected as the most promising. After being transplanted, 22 accessions reached an average height of 2,11 m between 7 and 14 months, which exceeded the criterion set for the establishment. The survival of these accessions during the period varied between 80 and 100%, with the exception of *B. reticulata* and *P. discolor*. The evaluation of the accessions, on a moderate-fertility soil, was concluded to show the existence of individuals with an outstanding capacity of adaptability to those conditions, which allowed their selection in early stages of the selective process; total variability was high regarding the measured and/or estimated indicators, which determined a marked differentiation among individuals. Height and the months the plants took to be established were the most variable indicators, which contributed, remarkably, to the later grouping and casuistic selection of the outstanding accessions; 75% of the accessions adapted to the soil conditions and were tolerant, with relation to the exploitation system, if it is considered that neither irrigation nor fertilization was used. Incorporating the outstanding accessions is recommended in more advanced stages, related to studies in systems where the trees are used associated to pastures or other systems in which their use is foreseen.

Key words: Trees and shrubs, plant establishment, survival

Introducción

Una fase de suma importancia en el fomento y/o desarrollo de los sistemas con árboles lo constituye el establecimiento de la plantación; sin embargo, a su vez es uno de los períodos más difíciles y complejos por los que atraviesan las plantas, ya que se combinan, de forma favorable o negativa, las condiciones del clima y el suelo, los factores de carácter fitotécnico y las características particulares de cada especie y/o variedad.

Yepes (1974), Verhoeven (citado por Teitzel y Burt, 1976) y Dudar (1982) señalaron que las leguminosas, en general, manifiestan dificultades para establecerse, debido a factores de la más diversa índole, tales como las condiciones edafoclimáticas, las características de las semillas y la calidad de la preparación del suelo, entre otros, y las arbóreas no constituyen una excepción.

El estudio de las diferentes variables en las especies, durante el establecimiento, y su caracterización representan, de hecho, una vía eficaz para conocer la posible diferenciación o similitud existente entre ellas, y resultan un complemento importante entre los atributos que se deben considerar en el proceso de evaluación y selección.

Por tales razones, el objetivo de esta investigación fue seleccionar las accesiones de arbóreas con un mejor comportamiento durante dicha etapa.

Materiales y Métodos

Ubicación geográfica del área experimental. Los estudios se efectuaron en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", provincia Matanzas. Las coordenadas geográficas del lugar son 22° 48' 7" de latitud Norte y 81° 2' de longitud Oeste, a una altura de 19 msnm.

Características edafoclimáticas. El suelo donde se realizó la fase experimental está clasificado como Ferralítico Rojo lixiviado (Hernández *et al.*, 1999). Según los indicadores estudiados (tabla 1), posee contenidos medios de materia orgánica (Walkley y Black, citados por Rodríguez, 2001), ya que se encuentran en el rango de 2,5 a

Introduction

An extremely important stage in the promotion and/or development of systems with trees is the establishment of the plantation; however, in turn, it is one of the most difficult and complex periods plants go through, because climate and soil conditions, agronomic factors and the particular characteristics of each species and/or variety are favorably or negatively combined.

Yepes (1974), Verhoeven (cited by Teitzel and Burt, 1976) and Dudar (1982) stated that legumes, in general, show difficulties for becoming established, due to very different factors, such as soil and climate conditions, seed characteristics and quality of soil preparation, etc., and trees are not an exception.

The study of the different variables in the species during establishment and their characterization represent, in fact, an efficacious way to know the possible existing differentiation or similarity among them, and are an important complement among the attributes that should be considered in the evaluation and selection process.

For such reasons, the objective of this study was to select the tree accessions with a better performance during this stage.

Materials and Methods

Geographical location of the experimental area. The studies were conducted at the Experimental Station of Pastures and Forages "Indio Hatuey", Matanzas province. The geographical coordinates of the site are 22° 48' 7" latitude North and 81° 2' longitude West, at a height of 19 masl.

Soil and climate characteristics. The soil on which the experimental stage was conducted is classified as lixiviated Ferralitic Red (Hernández *et al.*, 1999). According to the studied indicators (table 1), it has moderate organic matter contents (Walkley and Black, cited by Rodríguez, 2001), because they range from 2,5 to 4,0%. These results also coincide with the trend of the Cuban soils dedicated to livestock production, which generally have less than 5% organic matter.

Tabla 1. Características del suelo del área experimental.
Table 1. Soil characteristics of the experimental area.

Réplica	Profundidad (cm)	MO (%)	pH	P ₂ O ₅ (mg/100g)	Cationes (cmol/kg)			
					Ca	Mg	K	Na
1	0-20	3,68	5,92	3,5	17,3	2,07	0,18	0,07
2		3,27	6,00	3,4	16,6	3,52	0,15	0,04
3		3,61	6,57	4,3	19,6	1,48	0,22	0,08
4		3,57	6,75	2,3	20,7	3,74	0,19	0,09

4,0%. Estos resultados coinciden, además, con la tendencia de los suelos cubanos dedicados a la ganadería, los que generalmente poseen menos de 5% de materia orgánica.

El pH es moderadamente ácido y el contenido de fósforo disponible es bajo. Entre los cationes cambiables predomina el calcio; mientras que el sodio presenta un contenido bajo. En función de estas características, puede considerarse como un suelo de mediana fertilidad.

Con respecto al comportamiento de las variables climáticas (tabla 2), el régimen de lluvias se comportó de forma atípica durante el experimento, especialmente en el segundo año de evaluación, período en el que las precipitaciones solo alcanzaron 855,6 mm. En sentido general, el acumulado estuvo muy cercano a los rangos promedio de los últimos quince años en la localidad (1 299,4 mm/año), mientras que las diferencias entre épocas fueron notables para cada año.

La temperatura promedio fue baja y varió entre 21 y 26°C, lo cual es característico de esta zona del país, donde existe una fuerte influencia

The pH is moderately acid and the available phosphorus content is low. Calcium prevails among the exchangeable cations; while the sodium content is low. Regarding these characteristics, it can be considered a moderate-fertility soil.

With regards to the performance of the climate variables (table 2), the rainfall was atypical during the trial, especially in the second year of evaluation, period in which it only reached 855,6 mm. In general, the cumulative rainfall was very close to the average ranges of the last 15 years in the locality (1 299,4 mm/year), while the differences between seasons were remarkable for each year.

The average temperature was low and varied between 21 and 26°C, which is characteristic of this zone of the country, where there is a strong influence of the cold fronts from the cold masses of air from polar regions, which affect the western region of Cuba every year.

Treatments and design. The treatments were constituted by 43 forage tree and shrub

Tabla 2. Comportamiento de las variables climáticas.
Table 2. Performance of climate variables.

Año	Época	Lluvia (mm)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)	Temperatura máxima (°C)	Humedad relativa (%)
1	PLL	1 119,9	21,3	26,0	32,2	84,0
	PPLL	198,7	19,1	23,1	30,3	78,8
2	PLL	855,6	21,7	26,1	32,9	78,5
	PPLL	406,9	16,7	21,6	27,5	84,5
*	PLL	1 035,5	20,7	26,0	32,1	83,1
	PPLL	263,9	16,0	22,1	29,7	80,8

* Promedio histórico de la localidad Indio Hatuey en los últimos quince años

PLL- Período lluvioso, PPLL- Período poco lluvioso

de los frentes fríos provenientes de las masas de aire frío de las regiones polares, que afectan cada año la región occidental de Cuba.

Tratamientos y diseño. Los tratamientos los constituyeron 43 accesiones de árboles y arbustos forrajeros. Estos se plantaron en el campo de forma aleatoria, con 10 repeticiones por accesión.

Procedimiento experimental. La preparación del suelo se efectuó por el método tradicional (aradura, grada, cruce y grada). Después se hicieron surcos a una profundidad aproximada de 30 cm, donde se plantaron los 10 mejores individuos de cada accesión – seleccionados en la fase de vivero –, los cuales poseían una altura promedio de 30-40 cm y tres meses de edad. La distancia entre surcos fue de 5,0 m; mientras que los árboles se plantaron con una separación de 4,0 m.

La distribución de las plantas se efectuó en un solo bloque, donde las calles tuvieron una orientación de Este a Oeste, con el objetivo de facilitar la penetración de la luz solar.

El control de las plantas indeseables se efectuó a través de la combinación de chapeas manuales y mecanizadas, con el objetivo de facilitar el crecimiento de las leñosas en los primeros estadios del establecimiento.

Para el análisis de los resultados se estableció, como criterio de selección, que las plantas se consideraran establecidas cuando alcanzaran una altura de 2,0 m y en un tiempo no mayor de 14 meses.

Variables medidas y estimadas

Supervivencia. A partir de la plantación se procedió al conteo del número de plantas vivas. Este se realizó cada 15 días, en los primeros 40 días posteriores a la plantación.

Altura. Desde el momento de la siembra y cada 15 días se registró la altura en diez plantas de cada accesión, mediante una regla graduada que se colocó en posición vertical sobre la superficie del suelo; se tomó como dato el valor que coincidía con la yema apical del fuste.

Fenología. Se realizó cada 15 días en dos plantas por accesión, hasta cumplirse todas las posibles floraciones.

accessions. They were randomly planted in the field, with ten repetitions per accession.

Experimental procedure. The soil preparation was done by the traditional method (plowing, harrowing, crossing and harrowing). Afterwards, rows were made at an approximate depth of 30 cm, where the 10 best individuals of each accession – selected in the nursery stage –, which were approximately 30-40 cm high and three months old, were planted. The distance between rows was 5,0 m; while the trees were planted with a separation of 4,0 m between them.

The plant distribution was performed in only one block, where the space between rows had an orientation from East to West, in order to facilitate the penetration of sunlight.

Weed control was done through the combination of manual and mechanized cutting, to facilitate the growth of the ligneous plants in the first stages of establishment.

For the analysis of the results, the fact that the plants were considered established when they reached 2,0 m of height and in no more than 14 months, was considered as selection criterion.

Measured and estimated variables

Survival. Since planting, the number of living plants was counted. It was done every 15 days, in the first 40 days after planting.

Height. Since the moment of planting and every 15 days, the height was recorded in ten plants of each accession, by means of a graduated ruler which was placed vertically on the soil surface; the value that coincided with the apical bud of the stem was taken as datum.

Phenology. It was performed every 15 days in two plants per accession, until the occurrence of all the possible flowerings.

Plant health observations. Since the field planting and every 15 days the degree of affection by pests and diseases was determined in the 10 plants of each accession, according to the methodology proposed by O. Alonso (unpublished), for which the following value scale was used:

I- very high affection degree (100% leaf area affected)

II- high affection degree (50% leaf area affected)

Observaciones fitosanitarias. A partir de la plantación en el campo y cada 15 días se determinó el grado de afectación por plagas y enfermedades en las 10 plantas de cada accesión, de acuerdo con la metodología propuesta por O. Alonso (inédito), para lo cual se utilizó la siguiente escala de valores:

I- grado de afectación muy alto (100% de área foliar afectada)

II- grado de afectación alto (50% de área foliar afectada)

III- grado de afectación moderado (25% de área foliar afectada)

IV- grado de afectación ligero (10% de área foliar afectada)

V- grado de afectación incipiente (1% de área foliar afectada)

Procesamiento estadístico. Para la comparación de las accesiones se tomó el valor medio de todas las observaciones y se conformó una matriz de comparación.

Con el fin de obtener la variabilidad y la relación entre los indicadores, se realizó un análisis de componentes principales (ACP); mientras que para agrupar los tratamientos con características semejantes o contrastantes, en función de las variables medidas y/o estimadas, se empleó el análisis de conglomerados. Previamente, se tipificaron dichos valores, de forma tal que todos tuvieran el mismo peso en la formación de las clases o grupos. Estos análisis se realizaron con el paquete estadístico SPSS versión 10.0 (Visauta, 1998).

Para la formación de los grupos se tomó, como base, la media poblacional de las variables en cada grupo.

Resultados y Discusión

La varianza acumulada en los ejes CP_1 y CP_2 fue superior al 80% (tabla 3). Los indicadores que explicaron este porcentaje de variación en la componente 1 (la cual extrajo un 47,73% de la varianza) fueron los meses que demoraron las especies para establecerse y la altura, los cuales se relacionaron de forma contrastante.

La segunda componente explicó un 33,43% de la varianza acumulada y la variable más relacionada con este eje fue la supervivencia.

III- moderate affectation degree (25% leaf area affected)

IV- slight affectation degree (10% leaf area affected)

V- incipient affectation degree (1% leaf area affected)

Statistical processing. For comparing the accessions the mean value of all the accessions was taken and a comparison matrix was formed.

In order to obtain the variability and the relationship among the indicators, a principal component analysis (PCA) was conducted; while for grouping the treatments with similar or contrasting characteristics, regarding the measured and/or estimated variables, the cluster analysis was used. Previously, such values were typified, so that all had the same bearing on class or group formation. These analyses were made with the statistical pack SPSS version 10.0 (Visauta, 1998).

For group formation, the population mean of the variables in each group was taken as basis.

Results and Discussion

The cumulative variance in the axes CP_1 and CP_2 was higher than 80% (table 3). The indicators that explained this variation percentage in component 1 (which extracted 47,73% of the variance) were the months the species took to become established and height, which were related in a contrasting way.

The second component accounted for 33,43% of the cumulative variance and the variable that related the most to this axis was survival.

The variation range among the accessions, in the measured and estimated indicators, can be considered high, because it was higher than 80% and it could have been due to the contrast that existed among them in this experimental stage, mainly in terms of height and the months the plants took for establishment. This indicates that not all the plants were higher with age increase, because the development is not only shown in height, but also the widening of the stem and the increase of branch number and diameter, together with the volume of formed leaves.

There was also differentiation in terms of survival, although it was not as stressed as in the

Tabla 3. Relación entre las variables e indicadores que explican la varianza.

Table 3. Relationship between the variables and indicators that explain the variance.

Indicador	Componente principal	
	CP ₁	CP ₂
Supervivencia	0,18	0,98
Meses para el establecimiento	- 0,85	- 0,001
Altura	0,82	- 0,23
Valor propio	1,43	1,00
Varianza (%)	47,73	33,43
Acumulado (%)	47,73	81,17

El rango de variación entre las accesiones, en los indicadores medidos y estimados, se puede considerar alto, ya que resultó superior al 80% y pudo deberse al contraste que existió entre ellas en esta etapa experimental, fundamentalmente en términos de la altura y los meses que demoraron las plantas para el establecimiento. Esto indica que no todas las plantas fueron más altas con el incremento de la edad, ya que el desarrollo no solo se manifiesta en la altura, sino también en el engrosamiento del fuste y en el aumento del número de ramas y su grosor, junto con el volumen de las hojas formadas.

También existió diferenciación en términos de supervivencia, aunque no fue tan pronunciada como en las variables ya analizadas. Esta variable se comportó de forma independiente, acorde con uno de los principios de este tipo de análisis (Philippeau, 1986), lo que indica que no se relacionó con los meses al establecimiento ni con la altura alcanzada por los tratamientos, algunos de los cuales murieron con mayor o menor altura y/o edad.

Al realizar el análisis de conglomerados, a partir de la matriz de resultados, se detectaron cuatro grupos (tabla 4). En el grupo I –formado por 22 accesiones– se destacaron, por su número, las del género *Leucaena* (10), *Bauhinia* spp. (cuatro) y *Enterolobium* spp. (dos). El grupo II incluyó 15 accesiones, con predominio de las pertenecientes al género *Albizia*, y los restantes grupos estuvieron representados por distintas accesiones, sin repeticiones de géneros o especies dentro de estos.

above-analyzed variables. This variable behaved independently, according to one of the principles of this type of analysis (Philippeau, 1986), which indicates that it was not related to the months at establishment or with the height reached by the treatments, some of which died with more or less height and/or age.

When performing the cluster analysis, from the matrix of results, four groups were detected (table 4). In group I –formed by 22 accessions– those from the genera *Leucaena* (10), *Bauhinia* spp. (four) and *Enterolobium* (two), stood out for their number. Group II included 15 accessions, with predominance of the ones belonging to the genus *Albizia*, and the other groups were represented by different accessions, without repetition of genera or species within them.

The 22 accessions of group I were established in a shorter period and reached the height pre-established as criterion (table 5), which indicates that they stood out in most of the indicators included in this study. Nevertheless, it could be observed that their survival in this period varied between 80 and 100%, with the exception of *B. reticulata* and *P. discolor*, which reached values below 50%. It is valid to emphasize that this indicator was not included in the analysis, due to the relatively narrow variation margin which existed among the accessions (table 3); it was not related to the others either, as it was clarified above.

On the other hand, in group II –where seven *Albizia* spp. accessions, two of *Bauhinia* spp., three of *Leucaena leucocephala* and one of *Cassia* spp., *Gliricidia sepium* and

Tabla 4. Accesiones pertenecientes a los grupos formados.

Table 4. Accessions belonging to the groups formed.

Grupo	Cantidad de accesiones	Nombre
I	22	<i>E. contortisiliquum</i> , <i>E. cyclocarpum</i> , <i>M. nigra</i> , <i>G. arborea</i> , <i>L. leucocephala</i> CIAT-18481, <i>L. leucocephala</i> CIAT-9421, <i>L. leucocephala</i> CIAT-9437, <i>L. leucocephala</i> CIAT-17498, <i>L. leucocephala</i> CIAT-7872, <i>L. leucocephala</i> CIAT-18483, <i>L. leucocephala</i> CIAT-17480, <i>L. leucocephala</i> CIAT-17223, <i>L. leucocephala</i> CIAT-8069, <i>L. macrophylla</i> CIAT-17240, <i>Bauhinia</i> sp., <i>B. purpurea</i> , <i>B. candicans</i> , <i>B. reticulata</i> , <i>C. festuca</i> , <i>P. discolor</i> , <i>A. lebbeck</i> , <i>M. oleifera</i>
II	15	<i>A. procera</i> , <i>A. kalkora</i> , <i>A. semani</i> , <i>A. caribaea</i> , <i>S. saman</i> , <i>A. lucida</i> , <i>A. odoratissima</i> , <i>B. acuminata</i> , <i>B. malabarica</i> , <i>C. festuca</i> x <i>C. nudosa</i> , <i>G. sepium</i> , <i>L. leucocephala</i> cv. Cunningham, <i>L. leucocephala</i> CNIA-250, <i>L. leucocephala</i> CIAT-9415, <i>Schizolobium</i> sp.
III	4	<i>C. sappan</i> , <i>B. variegata</i> var. <i>Candida</i> , <i>A. berteriana</i> , <i>E. berteriana</i>
IV	2	<i>B. variegata</i> , <i>L. latisiliqua</i>

Las 22 accesiones del grupo I se establecieron en un período más corto y alcanzaron la altura preestablecida como criterio (tabla 5), lo que indica que sobresalieron en la generalidad de los indicadores incluidos en este estudio. No obstante, se pudo observar que su supervivencia en este período osciló entre 80 y 100%, con excepción de *B. reticulata* y *P. discolor*, que alcanzaron valores por debajo del 50%. Es válido resaltar que este indicador no se incluyó en el análisis, debido al relativamente estrecho margen de variación que existió entre las accesiones (tabla 3); tampoco se relacionó con los demás, como se aclaró con anterioridad.

Por su parte, en el grupo II –donde se agruparon siete accesiones de *Albizia* spp., dos de *Bauhinia* spp., tres de *Leucaena leucocephala*

Schizolobium sp., respectively, were grouped—the pre-fixed height for establishment (2 m) was reached when the plants were 20 months old, as average (age oscillated between 16 and 32 months); while the accessions of groups III and IV (a total of six) took longer (between 37 and 53 months, respectively), to become established. In fact, those in group III never reached 2 m of height.

According to the field observations, between two and four months after planting, growth was slow, which could have occurred due to the stress caused by the action of transplanting. The fluctuations detected were considered to be specific and/or intraspecific, because rainfall during the establishment stage (one year) was acceptable (higher than 1 300 mm) and did not

Tabla 5. Contribución de las variables a la formación de los grupos.

Table 5. Contribution of the variables to group formation.

Grupo	Meses para el establecimiento	Altura al establecimiento (m)
I	11,50	2,11
II	20,00	1,97
III	37,25	1,86
IV	53,00	2,04
$\bar{x}$ poblacional	30,00	1,99

y una de *Cassia* spp., *Gliricidia. sepium* y *Schizolobium* sp., respectivamente— la altura prefijada para el establecimiento (2 m) se alcanzó cuando las plantas tenían 20 meses de edad, como promedio (osciló entre 16 y 32 meses); mientras que las accesiones de los grupos III y IV (seis en total) demoraron mucho más (entre 37 y 53 meses, respectivamente) para establecerse. Incluso, las del grupo III nunca alcanzaron los 2 m de altura.

De acuerdo con las observaciones de campo, entre los dos y cuatro meses posteriores a la plantación el crecimiento fue lento, lo que pudo deberse al estrés causado por la acción del trasplante. Se considera que las fluctuaciones detectadas fueron de índole específica y/o intraespecífica, ya que las precipitaciones durante la etapa de establecimiento (un año) fueron aceptables (superiores a los 1 300 mm) y no parecieron desempeñar un papel decisivo en términos de velocidad de crecimiento. Esta lentitud durante los primeros cuatro meses coincide con lo reportado por Francisco (2002), quien obtuvo resultados similares en *G. sepium* y lo relacionó con el estrés que sufrieron las plantas al ser trasladadas al campo.

La mayoría de las leguminosas arbóreas tienen un crecimiento lento durante la etapa de plántulas, lo que las hace vulnerables a la competencia con las malezas y los depredadores, y a las defoliaciones durante el establecimiento (Maasdorp, 1992), así como al pastoreo y a la vida silvestre (Wildin, 1986).

Todo parece indicar que la preparación del suelo (método convencional) y la distancia de siembra (4 x 5 m) empleadas en este estudio proporcionaron un lecho de siembra apropiado para las plantas y favorecieron su posterior crecimiento y desarrollo, lo que permitió alcanzar un buen establecimiento del material empleado en esta fase, exento de competencia.

A ello se suma que las arbóreas poseen mecanismos morfológicos, como el desarrollo de un profundo sistema radical con raíces secundarias y de otros órdenes, que les permite absorber los nutrientes de las capas más profundas del subsuelo; mientras que la disposición de las ho-

seem to play a decisive role in terms of growth rate. This slowness during the first four months coincides with the reports by Francisco (2002), who obtained similar results in *G. sepium* and related it to the stress undergone by the plants when being transplanted to the field.

Most tree legumes show slow growth during the seedling stage, which makes them vulnerable to competition with weeds and predators, and to defoliations during establishment (Maasdorp, 1992), as well as to grazing and wildlife (Wildin, 1986).

All seems to indicate that the soil preparation (conventional method) and the planting distance (4 x 5 m) used in this study provided a planting bed appropriate for the plants and favored their later development and growth, which allowed reaching a good establishment of the material used in this stage, free from competition.

This is in addition to the fact that trees have morphological mechanisms, such as the development of a deep root system with secondary roots and other types, allowing them to absorb the nutrients of the deepest subsoil layers; while leaf arrangement and plant structure allows them to make a higher use of solar radiation (Simón *et al.*, 2005), aspects which also favored their development during this period, particularly in the most outstanding ones.

On the other hand, it should be taken into consideration that there are species which show a high degree of specificity and have the capacity to adapt to particular environments, because they utilize well their metabolism and invest their reserve substances in maintaining its functioning. In this sense, Sorensson *et al.* (1993) found differences regarding establishment in the genus *Leucaena*, because *Leucaena pallida* and its hybrids showed vigor higher than that of *L. leucocephala* cv. Cunningham. A similar behavior was reported by Wencomo *et al.* (2001), when studying 170 *Leucaena* accessions, from which only 124 reached 1,50 m of height during the first 14 months. All these factors, combined and interacting, could propitiate that in this period 10 accessions of *Leucaena* spp., four of *Bauhinia*, two of *Enterolobium* and one of

jas y la arquitectura de las plantas les permite hacer un uso mayor de la radiación solar (Simón *et al.*, 2005), aspectos que también favorecieron su desarrollo durante este período, de modo particular en las más sobresalientes.

Por otra parte, se debe tener en cuenta que existen especies que manifiestan un alto grado de especificidad y tienen la capacidad de adaptarse a ambientes particulares, debido a que aprovechan bien su metabolismo y las sustancias de reserva las invierten en mantener su funcionamiento. En este sentido, Sorensson *et al.* (1993) encontraron diferencias en cuanto al establecimiento en el género *Leucaena*, ya que *Leucaena pallida* y sus híbridos mostraron un vigor mayor que el de *L. leucocephala* cv. Cunningham. Un comportamiento similar reportaron Wencomo *et al.* (2001), al estudiar 170 accesiones de *Leucaena*, de las que solo 124 lograron alcanzar 1,50 m de altura durante los primeros 14 meses. Todos estos factores, combinados y en interacción, pudieron propiciar que en esta etapa se destacaran 10 accesiones de *Leucaena* spp., cuatro de *Bauhinia*, dos de *Enterolobium* y una de *Albizia*, *Cassia*, *Moringa*, *Morus*, *Pithecellobium* y *Gmelina*, respectivamente, lo que al parecer no fue aprovechado plenamente por el resto de los tratamientos.

Es interesante señalar que todas estas accesiones crecieron sobre un suelo de mediana fertilidad, caracterizado por sus bajos contenidos de fósforo y medios de nitrógeno (tabla 2), y que durante esta etapa no se aplicó riego ni fertilización.

Durante el período de evaluación, el grado de afectación por plagas y enfermedades estuvo entre incipiente y ligero. En este sentido, en *Enterolobium contortisiliquum* –perteneciente al grupo I– y en *Erythrina berteroana*, y *Cassia sappan* –ambas del grupo III– se detectaron daños en el 10% del área foliar; mientras que el resto de las accesiones solo se afectó en un 1%.

Este resultado se consideró interesante, ya que los efectos ocasionados por este tipo de estrés, muy común en la fase de establecimiento, pueden ocasionar cuantiosas pérdidas de la biomasa, en términos cuantitativos y cualitativos.

Albizia, *Cassia*, *Moringa*, *Morus*, *Pithecellobium* and *Gmelina*, respectively, stood out, which seemingly was not fully utilized by the other treatments.

It is interesting to state that all these accessions grew on a moderate-fertility soil, characterized by low phosphorus and moderate nitrogen contents (table 2), and that during this stage neither irrigation nor fertilization was applied.

During the evaluation period, the degree of affectation by pests and diseases was between incipient and slight. In this sense, in *Enterolobium contortisiliquum* –belonging to group I– and in *Erythrina berteroana* and *Cassia sappan* –both from group III– damage was detected in 10% of the leaf area; while in the other accessions only 1% was affected.

This result was considered interesting, because the effects caused by this type of stress, very common in the establishment stage, can cause large losses of biomass, in quantitative and qualitative terms.

Another interesting element observed in the establishment stage was that related to phenology. It was observed that during the rainy season, 34,8% of the accessions (15) only showed vegetative stage; this received the incidence of *Albizia* with six accessions, *Cassia* and *Enterolobium* with two, and *Bauhinia*, *Gmelina*, *Lysiloma*, *Pithecellobium* and *Schizolobium*, represented by one species each. In the dry season, the same occurred with this phenological stage, which appeared in 15 of the 43 studied accessions, with similar results as those in the previous season regarding representativeness per species. This could have been motivated by climate conditions, as well as by the short evaluation period for this indicator, in which they did not have time to express their whole phenological stages.

In the case of the *Leucaena* accessions, all of them produced flowers, pods and seeds during the establishment, a very positive aspect. *Moringa* and *G. sepium*, genera with especial interest for livestock production nowadays, showed the four phenological stages in both seasons.

Otro elemento interesante observado en la etapa de establecimiento fue el relacionado con la fenología. Se comprobó que durante el período lluvioso el 34,8% de las accesiones (15) solo mostró la fase vegetativa; en ello incidió *Albizia* con seis accesiones, *Cassia* y *Enterolobium* con dos, y *Bauhinia*, *Gmelina*, *Lysiloma*, *Pithecellobium* y *Schizolobium*, representadas por una especie cada una. En el período poco lluvioso ocurrió lo mismo con esta fase fenológica, la cual se manifestó en 15 de las 43 accesiones en estudio, con resultados similares a los de la época anterior en cuanto a la representatividad por especie. Ello pudo estar motivado por las condiciones climáticas, así como por el corto período de evaluación para este indicador, en el cual no tuvieron tiempo para expresar sus etapas fenológicas completas.

En el caso de las accesiones de *Leucaena*, todas produjeron flores, legumbres y semillas durante el establecimiento, aspecto muy positivo. *Moringa* y *G. sepium*, géneros con especial interés para la ganadería en la actualidad, presentaron las cuatro fases fenológicas en ambas épocas.

De acuerdo con las observaciones de campo, un grupo de especies se comportaron como tipos caducifolios o semicaducifolios, como fue el caso de *Albizia lebbbeck*, la cual perdió sus hojas en los meses de febrero a marzo; *Albizia procera*, de marzo a mayo; *Moringa oleifera*, en febrero; y *G. sepium*, de enero a febrero.

Los resultados de este estudio fueron similares a los informados por autores como Frankie *et al.* (1974), Matías *et al.* (1993), Borchert (1994), Cornelius (1996), Anon (1997, 2000) y Hechevarría *et al.* (2000), para *A. lebbbeck*, *G. sepium*, *Bauhinia* sp., *E. berteriana*, *Pithecellobium dulce*, *Enterolobium cyclocarpum*, *E. contortisiliquum* y *L. leucocephala*; ellos señalaron la existencia de fluctuaciones anuales y tendencias supranuales en la fenología de estas especies en diferentes condiciones edafoclimáticas de Costa Rica y en bosques estacionalmente secos, en Honduras y en Cuba.

Durante el período de evaluación se detectaron especies que no alcanzaron la altura prefijada

According to the field observations, a group of species behaved as deciduous or semi-deciduous types, such as *Albizia lebbbeck*, which lost its leaves from February to March; *Albizia procera*, from March to May; *Moringa oleifera* in February; and *G. sepium*, from January to February.

The results of this study were similar to the ones reported by such authors as Frankie *et al.* (1974), Matías *et al.* (1993), Borchert (1994), Cornelius (1996), Anon (1997, 2000) and Hechevarría *et al.* (2000), for *A. lebbbeck*, *G. sepium*, *Bauhinia* sp., *E. berteriana*, *Pithecellobium dulce*, *Enterolobium cyclocarpum*, *E. contortisiliquum* and *L. leucocephala*, addressing the existence of annual fluctuations and supra-annual trends in the phenology of these species under different soil and climate conditions in Costa Rica and in seasonally dry forests, in Honduras and Cuba.

During the evaluation period species were detected which did not reach the prefixed height for establishment, which could have been associated to the genotype characteristics of the plant, because when analyzing the biological causes that could have originated this little tolerance to the environment, soil nutritional factors were discarded, for in spite of having moderate fertility, none of this species is known to require soils with higher nutrient contents.

On the other hand, the climate conditions were acceptable. The competition with weeds could have been a negative factor, but it was discarded, because the individual plants had the weed adequately cut in a circumference around them and the spaces between rows were conveniently weeded; the entrance of sheep or any other animal to the area was also discarded, because it was fenced.

A global analysis of the information shows important and novel results for Cuba, from the methodological as well as the technical points of view. This evaluation stage allowed knowing the survival of the different accessions under field conditions, on a moderate-fertility soil, which were not present in the nursery stage, where controlled conditions were guaranteed for

para el establecimiento, lo cual pudo estar asociado con las características genotípicas de la planta, ya que al analizar las causas biológicas que pudieran haber originado esta poca tolerancia al ambiente se descartaron los factores nutricionales del suelo, pues a pesar de ser de fertilidad media no se conoce que alguna de estas especies requiera de suelos con contenidos superiores de nutrientes.

Por otra parte, las condiciones climáticas fueron aceptables. La competencia con las malezas pudo haber sido un factor negativo, pero se descartó, ya que las plantas individuales tenían ruidos adecuados y las calles se chapeaban convenientemente; también se descartó la entrada de bovinos o de otro tipo de animal al área, ya que se encontraba cercada.

Un análisis global de la información muestra resultados importantes y novedosos para Cuba, tanto desde el punto de vista metodológico como técnico. Esta etapa de evaluación permitió conocer la supervivencia de las diferentes accesiones en condiciones de campo, sobre un suelo de mediana fertilidad, las cuales no se presentaron en la etapa de vivero, donde se garantizaron condiciones controladas para el desarrollo de las plántulas, principalmente el suministro de humedad suficiente y estable, así como el escarde de las plantas indeseables que compiten por el agua y la luz (Alonso *et al.*, 1999).

Conclusiones

La evaluación de accesiones de arbóreas en un suelo de mediana fertilidad mostró la existencia de individuos con una capacidad sobresaliente de adaptabilidad a esas condiciones, lo que permitió su selección en etapas tempranas del proceso.

La variabilidad total fue alta en función de los indicadores medidos y/o estimados, lo que determinó una marcada diferenciación entre los individuos.

Los indicadores más variables fueron la altura y los meses que demoraron las plantas para el establecimiento; estos contribuyeron, de forma marcada, a la posterior agrupación y selección casuística de las accesiones sobresalientes.

seedling growth, mainly the sufficient and stable supply of moisture, as well as the elimination of weeds that compete for water and light (Alonso *et al.*, 1999).

Conclusions

The evaluation of tree accessions on a moderate-fertility soil showed the existence of individuals with an outstanding adaptability to those conditions, which allowed their selection in early stages of the process.

The total variability was high with regards to the measured and/or estimated indicators, which determined a marked differentiation among individuals.

The most variable indicators were height and the months the plants took for establishment; they contributed, markedly, to the later grouping and casuistic selection of the outstanding accessions.

Considering that neither irrigation nor fertilization was used, 75% of the evaluated accessions were capable of adapting to the prevailing soil conditions and turned out to be tolerant, regarding the exploitation system.

Incorporating the outstanding accessions is recommended in more advanced stages, related to studies in systems where the trees are used

--End of the English version--

El 75% de las accesiones evaluadas fueron capaces de adaptarse a las condiciones de suelo prevalecientes y resultaron tolerantes, en función del régimen de explotación, si se considera que no se utilizó riego ni fertilización.

Se recomienda incorporar las accesiones sobresalientes en etapas más avanzadas, relacionadas con investigaciones en sistemas donde se utilicen las arbóreas asociadas a pastos u otros sistemas, en los que se prevea su uso.

Referencias bibliográficas

- Alonso, J. *et al.* 1999. Siembra con semilla botánica y a diferentes alturas de transplante en el establecimiento de *Erythrina mysorensis*. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 33:319
- Anon. 1997. Nota técnica sobre Manejo de semillas forestales. *Pithecellobium saman* (Jacq.) Benth.

- Proyecto Semillas Forestales del CATIE (PROSEFOR). Turrialba, Costa Rica. no. 9, 2 p.
- Anon. 2000. Nota técnica sobre Manejo de semillas forestales. *Enterolobium contortisiliquum* (Vellozo) Morong. Proyecto Semillas Forestales del CATIE (PROSEFOR). Turrialba, Costa Rica. no. 104, 2 p.
- Borchert, R. 1994. Water status and development of tropical trees during seasonal drought. *Trees*. 8:115
- Cornelius, J. 1996. Fenología de 16 especies forestales del Valle de Comayagua, Honduras. *Boletín Mejoramiento genético y semillas forestales*. 13:4
- Dudar, Y.A. 1982. Nota técnica acerca de la dinámica de germinación en semillas de leguminosas. *Pastos y Forrajes*. 5:39
- Francisco, Ana Geraldine. 2002. Nota técnica: Evaluación de una plantación de *Gliricidia sepium* durante el período de establecimiento. *Pastos y Forrajes* 25:155
- Frankie, G.W. *et al.* 1974. Comparative phenological studies of trees in tropical wet and dry forests in the lowlands of Costa Rica. *J. Ecol.* 72:75
- Hechevarría, Orlidia *et al.* 2000. Calendario fenológico de 51 especies forestales de Cuba. *Boletín Mejoramiento genético y semillas forestales*. 23:5
- Hernández, A. *et al.* 1999. Clasificación genética de los suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. AGRINFOR. Ciudad de La Habana, Cuba. 64 p.
- Maasdorp, B.V. 1992. Adaptation of genus *Leucaena* to high altitude, subhumid conditions in Zimbabwe. Agroforestry Research in Southern Africa. Summary Proceedings International Workshop. ICRAF. Nairobi, Kenya. p. 127
- Matías, C. *et al.* 1993. Tecnología de producción de semilla. Producción, beneficio y tratamientos de semillas de *Leucaena leucocephala*. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 18 p. (Mimeo)
- Philippeau, G. 1986. Comment interpreter les resultats d' un analyse in composants principales. Service des Etudes Statistiques ITCF. Lusignan, France. 36 p.
- Rodríguez, P.I. 2001. Fundamentos de la Silvicultura. Universidad Santo Tomás. Bogotá, D.C. Colombia. 300 p.
- Simón, L. *et al.* 2005. Protagonismo de los árboles en los sistemas silvopastoriles. En: El Silvopastoreo: Un nuevo concepto de pastizal. (Ed. L. Simón). Editorial Universitaria. Universidad de San Carlos de Guatemala. p. 21
- Sorensson, C. *et al.* 1993. Seedling growth of cultivars and hybrids within the genus *Leucaena*. *Tropical Grassland*. 27:45
- Teitzel, J.K. & Burt, R.L. 1976. *Centrosema pubescens* in Australia. *Tropical Grassland*. 10:5
- Visauta, B. 1998. Análisis estadístico con SPSS para Windows. Estadística multivariada. Vol. II McGraw-Hill/Interamericana de España, S.A.V. 358 p.
- Wencomo, Hilda *et al.* 2001. Comportamiento de accesiones de *Leucaena* spp. en la fase de establecimiento. *Pastos y Forrajes*. 24:115
- Wildin, J.H. 1986. Tree *Leucaena*-to feed, shade and fertilizer too. Queensland Department of Primary Industries. Brisbane, Queensland. Extension Bulletin RQR 86003. p. 12
- Yepes, S. 1974. La introducción y la destrucción de pastos. Resúmenes 1er. Seminario Interno Científico Técnico. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. Series Técnico-Científicas A.S. p. 73 (Mimeo).

Recibido el 22 de septiembre del 2010

Aceptado el 20 de diciembre del 2011