

COMPORTAMIENTO DE ESPECIES ARBOREAS FORRAJERAS EN SUS PRIMERAS ETAPAS DE DESARROLLO

Odalys Toral

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

Se estudió el comportamiento de las especies arbóreas *Albizia lebbbeck*, *Albizia saman*, *Bauhinia purpurea*, *Bauhinia variegata*, *Cassia grandis* y *Erythrina indica* en condiciones de vivero; el 50 % de las semillas fueron tratadas con agua a 80°C por 2 minutos. Se observaron diferencias significativas en la germinación de las semillas tratadas y no tratadas de las especies *B. purpurea*, *B. variegata*, *A. saman* y *E. indica*. La velocidad de crecimiento en las semillas tratadas de *B. variegata* se afectó; mientras que en *A. lebbbeck* se estimuló. De acuerdo con el análisis de componentes principales existió una gran variabilidad (65 %) en la primera componente; los indicadores que más contribuyeron fueron el peso fresco del follaje, el por ciento de MS, el área foliar, el número de hojas, el peso fresco de las raíces y la altura de la planta. De los cuatro grupos formados el III (*B. variegata* y *A. saman*) mostró un 100 % de contribución positiva de las variables; mientras que *B. purpurea* y *C. grandis* (grupo I) fueron las especies menos sobresalientes. Se concluye que el tratamiento de escarificación resultó efectivo solamente para *A. saman* y la más afectada fue *B. purpurea*. Existió alta variabilidad entre las especies estudiadas; el peso fresco del follaje, el por ciento de MS, el área foliar, el número de hojas, el peso fresco de las raíces y la altura fueron las variables que más contribuyeron. *B. variegata* y *A. saman* fueron las especies más destacadas en cuanto a los caracteres estudiados.

Palabras claves: *Especies arbóreas forrajeras, germinación, crecimiento*

The behaviour of *Albizia lebbbeck*, *Albizia saman*, *Bauhinia purpurea*, *Bauhinia variegata*, *Cassia grandis* and *Erythrina indica* was studied under nursery conditions; 50 % of the seeds were treated with water (80°C) for 2 minutes. Significant differences in germination of treated and untreated seeds from *B. purpurea*, *B. variegata*, *A. saman* and *E. indica* were recorded. Growing speed of treated seeds of *B. variegata* was affected and stimulated in *A. lebbbeck* seed. According to principal component analysis, there was a great variability (65 %) in the first component; the most contribution indicators were fresh foliage weight, DM %, leaf area, leaf number, fresh root weight and plant height. Group III (*B. variegata* and *A. saman*) showed 100 % of positive contribution of variables and group I (*B. purpurea* and *C. grandis*) were the less outstanding species. Scarification treatment was concluded to result effective only to *A. saman* but *B. purpurea* was the most affected. There was a high variability among the studied species. The higher contribution variables were fresh foliage weight, DM %, leaf area, leaf number, fresh root weight and height. According to the studied characters, *B. variegata* and *A. saman* were concluded to be the most outstanding species.

Additional index words: *Forage tree species, germination, growth*

El uso de los árboles en los planes ganaderos o la incorporación del ganado a las áreas con árboles han sido temas debatidos que generan soluciones viables, ya que controlan la erosión, influyen en la descontaminación del ambiente, dan sombra y se emplean como alimento para el ganado, cercas vivas y fuentes de energía, madera y semillas; además, los que pertenecen a la familia de las leguminosas contribuyen a la fertilidad del suelo.

Los árboles y arbustos han suministrado alimentos a los animales criados por el hombre, probablemente desde el momento de su domesticación (Robinson, 1985).

Hernández y Simón (1994) plantean que se han destinado múltiples recursos y esfuerzos en función de encontrar plantas que satisfagan las necesidades del sistema ganadero en sí y en definir estrategias de trabajo que permitan su persistencia en el pastizal.

Especial énfasis se ha dedicado al uso de las leguminosas arbóreas en estas investigaciones, cuyos resultados han permitido la siembra de grandes áreas en diversas regiones de Australia o en países como Cuba.

Sin embargo, existe poca información sobre la biología de las especies arbóreas en sus primeras etapas de desarrollo, por lo que el objetivo del presente trabajo fue caracterizar plantas arbóreas forrajeras en condiciones de vivero, profundizando en las posibles variaciones entre especies.

MATERIALES Y METODOS

Especies de árboles estudiados. Se evaluó el comportamiento de seis especies arbóreas:

- ♦ *Albizia lebbbeck*
- ♦ *Albizia saman*
- ♦ *Bauhinia purpurea*
- ♦ *Bauhinia variegata*
- ♦ *Cassia grandis*
- ♦ *Erythrina indica*

Procedimiento y mediciones

♦ **Preparación del área de vivero**

En el área de vivero se colocaron bolsas de nailon de polietileno negro, horadadas, de 25 x 17 cm, donde se depositó un sustrato compuesto por un 70 % de suelo Ferralítico Rojo y 30 % de materia orgánica (cachaza bien descompuesta).

Las bolsas se regaron diariamente para facilitar la germinación de la mayor cantidad de malas hierbas y su posterior erradicación.

♦ **Siembra**

La siembra se efectuó el 28 de mayo de 1996 mediante semilla botánica de un mes de cosechada y almacenada al ambiente. Previamente se eliminó la costra superficial, apretando la parte superior de la bolsa hasta remover el suelo.

En cada bolsa se sembraron tres semillas, las cuales se depositaron en el centro del envase sin practicar hueco en la tierra; inmediatamente después de la siembra se aplicó otro riego.

Todo el material sembrado en el vivero (40 bolsas por especie) recibió un riego diario, manteniendo el suelo a su capacidad de campo. Cuando las plántulas alcanzaron los 30 días de sembradas, se realizó una labor de raleo y se dejó en cada bolsa la plántula más vigorosa.

♦ **Tratamiento de las semillas y mediciones efectuadas**

De las 40 plantas solamente se evaluaron 20 (las restantes se utilizaron para evitar el efecto de borde); de estas 10 correspondían a semillas previamente tratadas con agua a 80°C por 2 minutos y las otras 10 a semillas no tratadas. En ambos casos se determinó el por ciento de germinación, realizándose las observaciones cada 3 días hasta los 21 días de sembradas.

♦ **Estudio de la dinámica de crecimiento de las plantas**

A partir de los 34 y hasta los 90 días se determinó la altura con una frecuencia semanal, con el objetivo de estudiar la dinámica de crecimiento de cada una de las especies.

♦ **Estudio de la estructura de la planta**

A los 90 días se estudió la parte aérea y el sistema radical de 10 plantas seleccionadas al azar, independientemente de los tratamientos a que fueron sometidas las semillas; para ello las bolsas se abrieron y se colocaron sobre una malla, donde se lavaban con agua abundante para separar las partículas de suelo del sistema radical; posteriormente las plantas eran seccionadas a nivel del cuello de la raíz separando la parte aérea del sistema radical. A este último se le midió la longitud de la raíz principal, el número de raíces secundarias y el peso fresco de las raíces.

En la parte aérea se hicieron las siguientes mediciones y determinaciones: altura de la planta, número de hojas, peso fresco del follaje, por ciento de materia seca del follaje y área foliar (según Parcevaux y Catsky, 1970).

♦ **Análisis matemático**

Para interpretar el comportamiento de la germinación de las semillas con o sin tratamiento se empleó un análisis de varianza. En el caso de la dinámica de crecimiento (a través de la altura) se realizó un análisis descriptivo.

Por otra parte, para conocer la variabilidad existente en la población de cada uno de los caracteres estudiados, así como la relación entre estos, se efectuó un análisis de componentes principales, según Anderson (1958) modificado por Philippeau (1986).

Los grupos o especies de mejor comportamiento se definieron a través del análisis de clasificación automática mediante la distancia euclidiana de Williams (1976). Para conformar los grupos se utilizó como criterio el cociente obtenido al dividir la varianza intergrupal entre la varianza total.

RESULTADOS Y DISCUSION

• **Germinación**

El comportamiento de la germinación de las especies en estudio se muestra en la tabla 1. Se aprecia que hubo diferencia significativa ($P < 0,01$) entre las semillas no tratadas y las tratadas de las especies *B. purpurea*, *B. variegata*, *A. saman* y *E. indica*; los valores que se obtuvieron cuando no se trató la semilla superaron los obtenidos con el agua a 80°C por 2 min, excepto en *A. saman*.

Tabla 1. Germinación de las especies en estudio (%).

Especies	Semillas no tratadas	Semillas tratadas	ES $\pm$
<i>Albizia lebbbeck</i>	60,4 ^a	65,0 ^a	13,79
<i>Bauhinia purpurea</i>	100,0 ^a	0 ^b	0
<i>Bauhinia variegata</i>	76,4 ^a	16,5 ^b	8,80**
<i>Albizia saman</i>	42,9 ^b	86,4 ^a	6,34**
<i>Cassia grandis</i>	79,7 ^a	56,4 ^a	10,11
<i>Erythrina indica</i>	49,5 ^a	23,1 ^b	7,21*

a,b Medias con superíndices no comunes (en fila) difieren a $P < 0,05$ (Duncan, 1955)

* $P < 0,05$

** $P < 0,01$

A. lebbbeck y *C. grandis* no presentaron respuesta al tratamiento de las semillas. Resultados similares fueron obtenidos por González, Yolanda (inédito), quien encontró que el tratamiento con agua caliente a 80°C por 2 min en semillas recién cosechadas de *A. lebbbeck* no ejerció una influencia significativa en la germinación.

La germinación de *A. saman* se incrementó (43,5 %) cuando se aplicó tratamiento a las semillas, debido al aumento de la permeabilidad de las cubiertas seminales, motivado por las altas temperaturas y la humedad. Otros trabajos realizados con leguminosas tropicales como *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham demuestran una mejoría de la germinación al aplicar tratamiento a las semillas con agua caliente a 80°C durante 2 min (González y Mendoza, 1995). Algunos autores como Duguma, Kang y Okali (1988) plantean que las altas temperaturas favorecen la eliminación de la impermeabilidad de las cubiertas seminales y originan mayores germinaciones. Por otra parte, los resultados obtenidos en *Stylosanthes guianensis* indicaron un incremento de la permeabilidad de las cubiertas seminales con las altas temperaturas (González, 1991).

B. purpurea resultó la especie más afectada por el tratamiento con agua caliente, ya que tuvo una pérdida completa de la germinación (0 %); en esta especie probablemente se produjo una afectación en el embrión de la semilla, lo que pudo estar relacionado con la ausencia de dormancia en el período postcosecha. Sin embargo, *B. variegata*, *C. grandis* y *E. indica* presentaron una reducción de la germinación en 59,9; 23,3 y 26,4 % respectivamente; esta diferencia entre especies pudo deberse a la permeabilidad de las cubiertas seminales y al grado de latencia de las semillas, aspecto que está influenciado por los mecanismos genéticos que posee cada especie de planta (Khan, 1982).

Los estudios realizados con semillas de árboles sin tratar indicaron que el por ciento de germinación en *Erythrina fusca* o *E. glauca* fue de 21 % (Acero, 1985); *Erythrina edulis* - 90 % (Barrera, 1989) y *Albizia cubana* - 40 % (Betancourt, 1983); de estas tres especies arbóreas la única que presentó un comportamiento germinativo bastante similar a las aquí estudiadas fue *A. cubana*, que se asemejó al obtenido en *A. saman* (42,9 %).

De lo anterior se deduce que existen algunas semillas de arbóreas que no necesitan ser tratadas para que germine su embrión; no obstante, hay otras semillas que poseen dormancia, aun recién cosechadas, y por tanto la escarificación es imprescindible para lograr una buena germinación, como es el caso de la especie *A. saman*.

• **Dinámica de crecimiento**

En la figura 1 se observa que la mayor altura la alcanzó *B. variegata* (56,0 cm), seguida por *A. saman* (40,1 cm), *C. grandis* (35,5 cm) y *A. lebbeck* (33,4 cm); el resultado más bajo se encontró en *E. indica* (23,7 cm).

En relación con el comportamiento de las plantas de semillas no tratadas (fig. 2), *B. variegata* mostró la mayor altura (90,8 cm), *B. purpurea* y *A. saman* presentaron valores casi similares (45,1 y 42,4 cm, respectivamente), seguidas por *C. grandis* (34,5 cm), y las de más baja altura fueron *E. indica* (22,6 cm) y *A. lebbeck* (22,5 cm).

Si se toma en consideración que una de las limitantes principales de las plantas arbóreas es su lento crecimiento en la fase de establecimiento (Hernández y Simón, 1993), debe destacarse que de las seis especies en estudio *B. variegata* alcanzó una mayor velocidad de crecimiento en aquellas plantas con semillas no tratadas; sin embargo, *A. saman*, *C. grandis* y *E. indica* mostraron tendencias similares con o sin tratamiento a las semillas, no así *A. lebbeck*, en la cual la mayor velocidad de crecimiento se encontró en plantas con semillas tratadas.

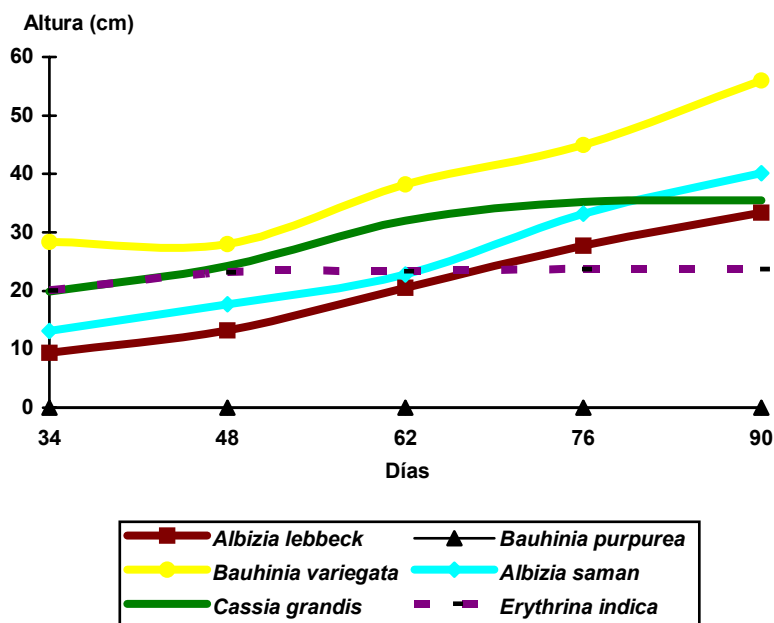


Fig. 1. Dinámica de crecimiento en las plantas de semillas tratadas.

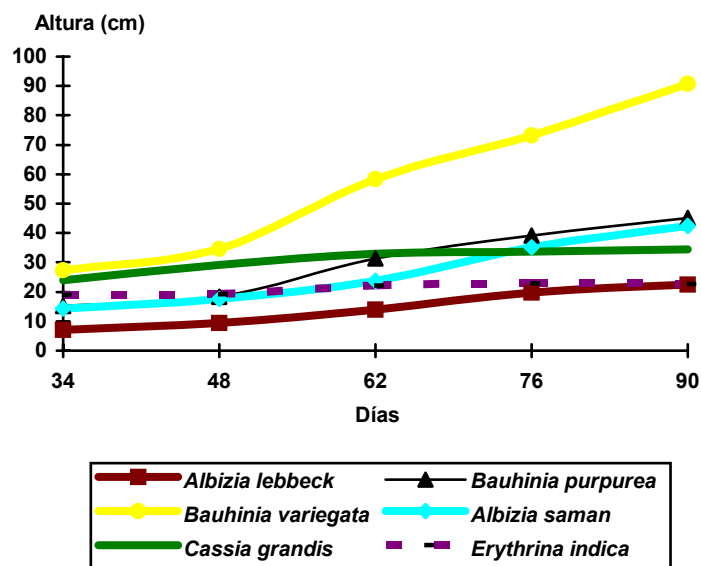


Fig. 2. Dinámica de crecimiento en las plantas de semillas no tratadas.

- Variabilidad y agrupamiento de los componentes estructurales de las especies**

El análisis de componentes principales es una herramienta útil para establecer, entre otras opciones, la existencia o no de relaciones entre los componentes estructurales de las plantas, facilitando la comprensión de los mecanismos fisiológicos que influyen en su estructura morfológica.

En la tabla 2 se observa que la primera componente (CP1) extrajo un 53,5 % de la varianza total y los indicadores que mejor estuvieron representados en la formación de este eje (en función de los valores de r^2) fueron el peso fresco del follaje, el por ciento de materia seca, el área foliar, el número de hojas, el peso fresco de las raíces y la altura. La segunda componente (CP2) extrajo solamente un 14 % de la varianza y el factor más relacionado con este eje fue el número de raíces secundarias. La tercera componente (CP3) solo extrajo un 9 % de la varianza total y a su formación contribuyeron fundamentalmente la altura y el peso fresco de las raíces (las cuales estuvieron mejor representadas en la CP1). De acuerdo con los índices que mostraron los valores propios de la CP4 y la CP5 (0,79 y 0,57), estos ejes no se deben analizar (Philippeau, 1986).

Tabla 2. Variabilidad extraída y relación entre las variables para el conjunto de especies estudiadas.

	Componentes				
	CP1	CP2	CP3	CP4	CP5
	Valores r^2				
Altura	0,3762	0,0944	0,2743	0,1795	0,0302
Número de hojas	0,7291	0,0706	0,0232	0,0051	0,0031
Longitud de la raíz	0,3267	0,0198	0,1674	0,3254	0,1542
Número de raíces secundarias	0,1352	0,6345	0,0588	0,0334	0,1114
Peso fresco de las raíces	0,5542	0,0033	0,2690	0,0414	0,0140
Peso fresco del follaje	0,8631	0,0009	0,0020	0,0128	0,0005
Por ciento de materia seca	0,8351	0,0371	0,0044	0,0353	0,0021
Area foliar	0,7499	0,0276	0,0010	0,0180	0,0326
Valores propios	4,82	1,26	0,81	0,79	0,57
Variación (%)	53,5	14,0	9,0	8,8	6,3
Acumulado (%)	53,5	67,5	76,5	85,3	91,6

Una interpretación de lo anterior permite inferir que la variabilidad estructural de las especies en estudio fue alta, ya que entre las dos primeras componentes se extrajo más del 65 % de la varianza total. En la CP1 las variables que más contribuyeron a su formación, en función de los valores de r^2 , estuvieron altamente relacionadas entre sí y se movieron en el mismo sentido, particularmente el peso fresco del follaje y el por ciento de materia seca, y en una escala relativamente menor el área foliar, el número de hojas y la altura de la planta. Por tales razones, este se puede denominar eje de los componentes aéreos de la planta. Por otra parte, el resto de la varianza (hasta llegar al 67,5 %) fue aportada por el número de raíces, por cuyo motivo este puede denominarse eje de los componentes subterráneos de la planta. Ello permite sugerir que el equilibrio fisiológico en estas plantas, como afirmara Brouwer (1983), fue más importante que el equilibrio morfológico, ya que la interacción de los componentes aéreos dependió mucho más de las relaciones entre estos que de las establecidas con la parte subterránea, cuyo peso en la varianza total fue mucho menor y solo se relacionó con la altura como efecto de la concomitancia que debe existir entre la parte aérea y la radical. No obstante, resulta interesante destacar que en el caso de las arbóreas la variación del peso del sistema radical cobra un significado especial, más aun si se tiene en cuenta que constituye un órgano de reserva para los rebrotes, además de sus funciones de anclaje y nutrición.

El agrupamiento de las especies, de acuerdo con los resultados del análisis de clasificación automática, se presenta en la tabla 3. Como se aprecia, *B. variegata* y *A. saman* (grupo III) mostraron una contribución positiva de las variables del 100 %, lo que significa que en estas especies se maximizaron los valores de la mayoría de las variables estudiadas, particularmente la altura y el número de raíces secundarias, y confirma en cierto modo lo discutido con anterioridad. *E. indica* (grupo IV) resultó ligeramente superior que las dos anteriores (grupo III) solo en el peso fresco de las raíces; además, mostró muy baja altura y contenidos de materia seca marcadamente bajos. En orden jerárquico descendente le siguió *A. lebbeck* (grupo II), la cual se caracterizó por poseer valores aceptables en el número de raíces secundarias y en el contenido de materia seca. No obstante, esta especie presentó los más bajos valores en términos de altura, número de hojas y longitud de la raíz principal.

Tabla 3. Contribución de las variables analizadas en la formación de los grupos (distancia euclidiana).

Grupos	A	B	C	D	E	F	G	H	Contribución de las variables a los grupos	
									+	-
I	2	-3	0	-77	-1	-2	2	-13	4	96
II	-63	-10	-12	11	0	0	4	0	15	85
III	41	8	1	33	0	3	7	7	100	0
IV	-39	0	1	6	1	0	-52	1	9	91

A: altura

B: número de hojas

C: longitud de la raíz

D: número de raíces secundarias

E: peso fresco de las raíces

F: peso fresco del follaje

G: por ciento de materia seca

H: área foliar

Las especies menos sobresalientes fueron *B. purpurea* y *C. grandis* (grupo I), con el peor comportamiento en cuanto al número de raíces secundarias, el área foliar, el número de hojas, el peso fresco del follaje y el peso fresco de las raíces, aunque fueron ligeramente superiores en altura al compararlas con *A. lebbeck* y *E. indica* (grupo IV).

Los valores medios reales de cada una de las variables para estas arbóreas se indican en la tabla 4; mientras que en la figura 4 se muestra la distribución de los grupos y las especies que los conforman, para lo cual se tomó como criterio el cociente resultante de dividir la varianza intergrupal entre la varianza total (0,90).

De acuerdo con los resultados, se concluye que el tratamiento de escarificación utilizado en las semillas resultó efectivo solamente para la especie *A. saman* y *B. purpurea* fue la más afectada. El tratamiento de la semilla afectó la dinámica de crecimiento en *B. variegata*, pero en *A. lebbeck* la estimuló; sin embargo, *A. saman*, *C. grandis* y *E. indica* mostraron similares tendencias de crecimiento con o sin tratamiento.

Por otra parte, se manifestó una alta variabilidad entre las especies, en la cual el peso del follaje, el por ciento de materia seca, el área foliar, el número de hojas, el peso fresco de las raíces y la altura fueron las variables que más contribuyeron; los caracteres estudiados en vivero estuvieron muy relacionados con el desarrollo de las plantas en esta fase de crecimiento y es necesario tenerlos en cuenta para definir el momento óptimo de trasplante.

De todas las especies en estudio *B. variegata* y *A. saman* resultaron las más destacadas.

Tabla 4. Valores medios de las variables para los grupos formados.

Variables	A	B	C	D	E	F	G	H
Grupo I	46,4	11,7	26,4	32,2	8,0	7,9	24,6	31,6
Grupo II	31,0	10,2	21,3	55,9	10,8	9,8	24,3	39,2
Grupo III	57,7	21,4	29,6	62,3	10,9	14,2	26,8	44,6
Grupo IV	26,9	16,9	29,3	57,3	12,8	9,3	1,2	42,3

A: altura

B: número de hojas

C: longitud de la raíz

D: número de raíces secundarias

E: peso fresco de las raíces

F: peso fresco del follaje

G: por ciento de materia seca

H: área foliar

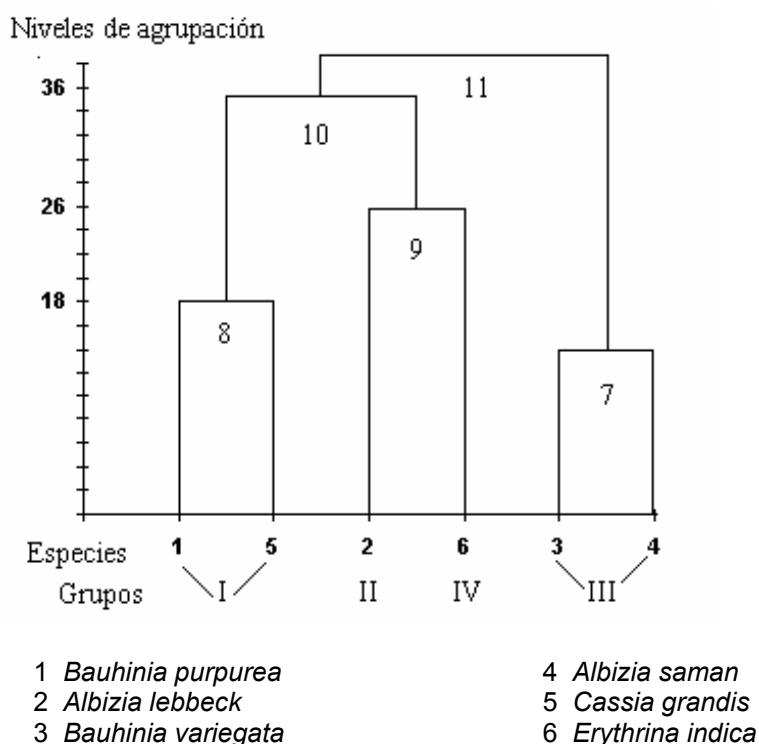


Fig. 3. Agrupación de las variables en estudio.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la técnico Yoayma Matías su valiosa ayuda en la conducción del experimento, así como a la Dra. Esperanza Seguí y al M.Sc. Rey Machado por su colaboración en la confección del artículo.

REFERENCIAS

- ACERO, L.E. 1985. Árboles de la zona cafetera de Colombia. Ediciones Fondo Cultural Cafetero. Editorial Andes. Bogotá, Colombia. Vol. 16, 308 p.
- ANDERSON, J. 1958. An introduction to multivariate statistical analysis. John Wiley & Sons, New York. p. 10
- BARRERA, NANCY. 1989. Recetario chachafruto Balú o Sachaporoto *Erythrina edulis*. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Valle

- BETANCOURT, A. 1983. Silvicultura especial de árboles maderables tropicales. Editorial Científico-Técnica. La Habana, Cuba. 46 p.
- BROUWER, R. 1983. Functional equilibrium: sense or nonsense?. *Netherlands Journal of Agricultural Science*. 31:335
- DUGUMA, B.; KANG, B.T. & OKALI, D.U.U. 1988. Factors affecting germination of leucaena (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) seed. *Seed Science and Technology*. 16:489
- GONZALEZ, YOLANDA. 1991. Estudio del efecto del almacenamiento sobre la germinación de cuatro leguminosas. Informe final de etapa de investigación. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 12 p. (Mimeo)
- GONZALEZ, YOLANDA & MENDOZA, F. 1995. Efecto del agua caliente en la germinación de *Leucaena leucocephala* cv. Cunningham. *Pastos y Forrajes*. 18:59
- HERNANDEZ, I. & SIMON, L. 1993. Los sistemas silvopastoriles: Empleo de la agroforestería en las explotaciones ganaderas. *Pastos y Forrajes*. 16:99
- HERNANDEZ, I. & SIMON, L. 1994. Razones para emplear plantas perennes leñosas en la ganadería vacuna. Taller Internacional "Sistemas Silvopastoriles en la Producción Ganadera". EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. 44 p.
- KHAN, A.A. 1982. The physiology and biochemistry of seed development, dormancy and germination. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam. 547 p.
- PARCEVAUX, S. & CATSKY, J. 1970. Methodes et techniques de mesure des surfaces foliaires. Techniques d'étude des facteurs physiques de la biosphere. INRA, Francia. 493 p.
- PHILIPPEAU, G. 1986. Comment interpréter les résultats d'une analyse en composantes principales. Institut Technique des Cereales et des Fourages, France. 63 p.
- ROBINSON, P.J. 1985. Trees as fodder crops. In: Attributes of trees as crop plants. (Eds. M.G.R. Cannell and J.E. Jackson). Institute of Terrestrial Ecology. Huntingdon, UK. 281 p.
- WILLIAMS, W.T. 1976. Pattern analysis in agricultural science. Elsevier Scientific Publishing Company. CSIRO. Melbourne, Australia. 16 p.

Recibido el 1ero. de diciembre de 1997