

Efecto de la fertilización fosfórica y cálcica sobre el crecimiento, producción de biomasa y proteína cruda en *Albizia lebbbeck* cultivada en condiciones de sabana

Luis Navarro D* y Anibal Torres

RESUMEN

Se estudio el efecto de tres dosis de Ca (0, 300 y 600 kg/ha de CaO) y tres de P (0, 40 y 80 kg/ha de P_2O_5), sobre el crecimiento y producción de materia seca (MS) y de proteína cruda foliar (PCF) de *Albizia lebbbeck*, en un suelo arenoso de la Mesa de Guanipa, utilizándose un diseño de parcelas divididas, con cuatro repeticiones. La densidad fue de 2.500 plantas/ha. Entre el trasplante y los 14 meses, se evaluó la dinámica de crecimiento y luego de un corte de uniformidad a 80 cm del suelo, la producción de MS cada 8 semanas durante las épocas lluviosa y seca. Todas las plantas presentaron un solo tallo; 64% de ellas con bifurcación en dos o tres ramas después de los 95,8 cm. La altura promedio a los 14 meses que fue de 2,0 m no fue influenciada por el Ca, aunque si por el P ($P \leq 0,001$), siendo mayor en las plantas fertilizadas con 80 kg/ha de P_2O_5 . La producción de MS mostró efectos significativos del Ca ($P \leq 0,003$), P ($P \leq 0,0001$), épocas ($P \leq 0,0001$) y la interacción Ca x época ($P \leq 0,002$) y P x época ($P \leq 0,02$); con valores promedios de 1.103 y de 392 kg/ha, para la lluviosa y seca, respectivamente, siendo influenciada por el Ca solo durante la época lluviosa y mayor en las plantas que recibieron la dosis de 600 kg/ha de CaO. La aplicación de P mostró diferencias significativas en ambas épocas; resultando mejor la dosis de 80 kg/ha de P_2O_5 . El contenido promedio de PCF fue 23,9% y la producción de 394 kg/ha.

* Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Centro de Investigaciones Agrícolas del estado Anzoátegui. Apartado Postal 212. El Tigre, Anzoátegui, Venezuela. *Correo-E: lnavarro@inia.gob.ve

Palabras clave: *Albizia lebbbeck*, leguminosa arbustiva, sabana, fósforo, calcio.

Effect of phosphorus and calcium fertilization on growth, dry matter yield and protein contents of *Albizia lebbbeck* cultivated at savanna conditions

SUMMARY

It was evaluated the effect of three levels of Ca (0, 300, and 600 kg/ha de CaO) and three levels of P (0, 40, and 80 kg/ha P_2O_5) on plant growth, dry matter (DM) yield, and foliar crude protein (FCP) of *Albizia lebbbeck*, in an Oxisol of the Mesa de Guanipa, Venezuela, through a split plot design, with two factors and four repetitions. Population was 2500 plant/ha. Height and stem diameter was evaluated from transplant to 14 months. DM yield and FCP were evaluated for two years, during the rainy and dry seasons, after uniformity cut 80 cm above ground, when plants were 18 months old. The average height was 2.0 m, and it was influenced only by P effect ($P \leq 0.001$), being 80 P_2O_5 kg/ha the best level. No significant differences were found for Ca and P effect on stem diameter, whose mean was 3.7 cm. DM yield showed significant effects of Ca ($P \leq 0.003$), P ($P \leq 0.0001$), seasons ($P \leq 0.0001$), and the interaction Ca x season ($P \leq 0.002$), and P x season ($P \leq 0.02$). DM yield was 1103 and 392 kg/ha during the rainy and dry season, respectively. Significant differences for Ca effect on DM yield were found only for the rainy season, being the highest level of 600 kg/ha. However, P effect showed significant differences ($P < 0.001$) in both seasons, and 80 kg/ha of P_2O_5 was the best level. FCP content and protein yield were 23.9% and 394 kg/ha, respectively.

Keywords: *Albizia lebbbeck*, leguminous shrub, savanna, phosphorus, calcium.

INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina es la principal actividad agrícola que se desarrolla en las sabanas orientales de Venezuela. Este ecosistema está caracterizado por poseer suelos predominantemente arenosos, ácidos, y con bajas concentraciones de los elementos esenciales (Luque y Avilán, 1976) lo cual limita la producción y calidad de la vegetación nativa (San José, 1985) y

el establecimiento y la persistencia de las gramíneas introducidas, bajo regímenes inadecuados de manejo.

Una alternativa para el mejoramiento de la calidad de la oferta forrajera en esas condiciones es la incorporación de leguminosas arbustivas, que mediante un manejo apropiado, aporten la proteína indispensable para mejorar la alimentación de los rebaños y al mismo tiempo el consumo de las gramíneas nativas e introducidas, tal como se ha venido estudiando en México por Llamas y col. (2000), Maldonado y col. (2000) y en Cuba por Hernández y col. (2000) y Hernández y col. (2000), por Hernández y col. (2000a,b) en Colombia y por Dávila y col. (2000), Espinoza y col. (2001) y Urbano y col. (2000), entre otros, en Venezuela. Con este objetivo, en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, en su sede del estado Anzoátegui, se ha venido evaluando diferentes especies de leguminosas arbustivas, en la búsqueda de aquellas con mayor adaptación y potencialidad forrajera, entre las cuales se estudia *Albizia lebbbeck*, que de acuerdo a las investigaciones realizadas por Hernández *et al.*, (2000a) en Cuba, constituye una especie forrajera a ser considerada en sistemas silvopastoriles. Debido a que esta leguminosa no ha sido estudiada en la región oriental de Venezuela, cuyos suelos son deficitarios en calcio y fósforo (Luque y Avilán, 1976) y al hecho conocido que las leguminosas demandan estos nutrientes, se planteó como objetivo de este trabajo evaluar la dinámica de crecimiento de esta leguminosa, la producción de materia seca y el contenido de proteína cruda en relación con la fertilización fosfórica y cálcica, durante las épocas lluviosa y seca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo entre noviembre de 2001 y junio de 2004 en el campo experimental del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas en el estado Anzoátegui, ubicado en la ciudad de El Tigre, entre las coordenadas 64°12'56" O y 8°5'54" N, a 267 msnm. Según los registros climáticos de la región, la precipitación anual promedio área es de 1.036,1 mm y temperatura media anual de 26,5°C con máxima de 32 y mínima de 21,1°C. El muestreo del suelo en el sitio experimental determinó una textura arenosa en los primeros 20 cm. y arenofrancosa, entre los 20 – 40 cm de profundidad, con pH de 5,1 y bajos contenidos de P (1,0 mg kg⁻¹), K (22 mg kg⁻¹), Ca (50 mg kg⁻¹) y de Mg (20 mg kg⁻¹).

Se utilizó un diseño de parcelas divididas, con cuatro repeticiones, donde la parcela principal correspondió a la dosis de calcio (0, 300 y 600

kg/ha de CaO) y la subparcelas a las dosis de fósforo (0, 40 y 80 kg/ha de P_2O_5). Como fertilización base se utilizó 60 de K, 60 de Mg y 50 kg/ha de N, respectivamente. Este último elemento se aplicó en razón del bajo contenido de materia orgánica que es inferior a 1% y a que no se aplicó inoculo. Las plantas se mantuvieron en vivero durante los primeros 6 meses, siendo transplantadas al campo el 15/06/2002. Se utilizó una separación de 1 m entre plantas y de 4 m entre hileras, para una población de 2.500 plantas/ha. Entre el transplante y los 14 meses del cultivo, se evaluó la dinámica de crecimiento (altura de planta y diámetro del tallo). A la entrada la época lluviosa, cuando las plantas tenían 18 meses, se realizó un corte de uniformización a 80 cm de altura, luego se realizaron cortes cada 8 semanas durante las épocas lluviosa y seca, para evaluar la producción de materia seca del follaje, tomando 4 plantas por cada tratamiento y repetición. Se determinó el contenido de proteína cruda foliar durante primer año, mediante el método de Kjeldahl (AOAC, 1980).

El análisis estadístico de los datos relacionados con la dinámica de crecimiento correspondió a un ANAVA para el factor Ca, con el factor P en parcelas divididas sobre el primero y épocas, mediante el programa estadístico SAS (SAS, 1998).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica de crecimiento

Todas las plantas presentaron un solo tallo y 64% de ellas con bifurcación en dos o tres ramas, después de los 95,8 cm. La altura promedio alcanzada durante la fase de vivero, que duró hasta los 6 meses, fue de 83,6 cm. Después del transplante y entre los meses de julio hasta mediados de octubre, que corresponde a la época de mayor precipitación en la región, las plantas mostraron un crecimiento acelerado (Figura 1), que luego disminuyó progresivamente. Entre febrero y mediados de junio del año siguiente no se observó crecimiento, ya que corresponde al periodo más crítico de la época seca en la región. La altura promedio de las plantas fue de 1,97 m a los 14 meses, con valores extremos de 1,52 y 2,55 m, encontrándose diferencias significativas a partir del segundo mes del transplante ($P \leq 0,001$), solo por efecto del fósforo, cuya mejor dosis resultó ser 80 kg/ha de P_2O_5 durante todo el periodo.

Engrosamiento del tallo

El diámetro promedio del tallo, medido a 5 cm desde la superficie del suelo, al momento del transplante fue de 0,84 cm y de 3,7 cm a los 14

meses, no encontrándose diferencias significativas por efecto de los tratamientos con P y Ca. Entre el transplante y el final de la época lluviosa (16/10/02) cuando las plantas tenían 14 meses, el engrosamiento del tallo fue de 1,42 cm y entre esta fecha y el 16/02/03 fue de 1,43 cm. Las mediciones efectuadas entre el 16/02/03 hasta mediados de junio, que corresponde al periodo más crítico durante la época seca, demostraron que durante ese lapso no hubo crecimiento. El diámetro del tallo fue superior al determinado en esta especie por Gamboa *et al.* (2000) en un estudio realizado en Yucatán, México. Al finalizar el ensayo (mayo 2004), se midió el diámetro del tallo, encontrándose un promedio de 3,93 cm en las plantas sometidas a corte; mientras que en las plantas borduras (no cortadas) fue de 8,73 cm.

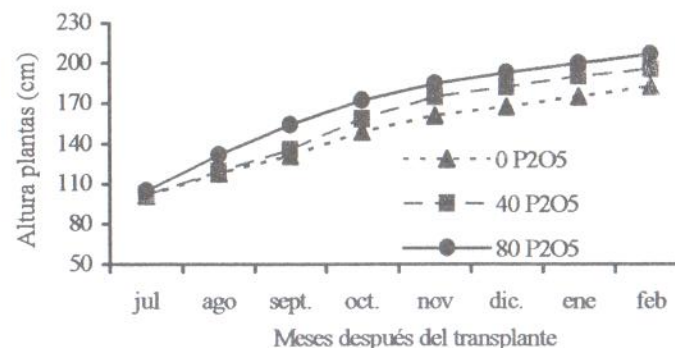


Figura 1. Variación de la altura de *Albizia lebbbeck* entre los 7 y 14 meses de su transplante, en función de la aplicación de tres dosis de fósforo.

Rendimiento de materia seca

El análisis de varianza determinó efectos significativos del Ca ($P \leq 0,003$), P ($P \leq 0,0001$), épocas ($P \leq 0,0001$) y la interacción Ca x época ($P \leq 0,002$) y P x época ($P \leq 0,02$).

La aplicación de calcio favoreció el rendimiento, encontrándose una producción de 814 kg MS/ha, cuando se fertilizó con 600 kg/ha de CaO, aunque estadísticamente no se observó diferencias respecto a la dosis de 300

kg/ha (Cuadro 1). Resultados similares fueron encontrados por Navarro *et al.* (2002) en *Cratylia argentea* con las dosis de 300 y 500 kg/ha de CaO.

En cuanto al fósforo, se observaron diferencias altamente significativas entre dosis ($P \leq 0,001$), lográndose una mayor producción con la aplicación de 80 kg/ha de P_2O_5 (Cuadro 1). Al respecto, varios autores (Costa y Paulino, 1997; Quintero y Boschetti, 2005) han encontrado incrementos significativos en la producción de materia seca por efecto de la fertilización fosfórica en leguminosas.

Se encontraron diferencias altamente significativas ($P \leq 0,001$) en el rendimiento, entre las épocas lluviosa y seca; siendo el promedio de 1.102,7 y de 392,1 kg/ha respectivamente, para un acumulado anual de 1.494,8 kg/ha/año (Cuadro 1). Estos valores son superiores a los reportados en Cuba, por Geraldine y Simón (2000), en plantas de *Albizia lebbbeck*, sembradas con una densidad de 10.000 plantas/ha y podadas cada 45, 90, 135 y 180 días. Igualmente, el rendimiento de MS en *Albizia lebbbeck* durante la época lluviosa resultó superior al de *Leucaena leucocephala* (678 kg/ha), similar al de *Gliricidia sepium* (1.178 kg/ha), pero inferior al de *Cratylia argentea* (2.189 kg/ha), reportados por Navarro *et al.* (2002), producto de un estudio realizado en condiciones edafoclimáticas similares, donde se probaron diferentes alturas y frecuencias de corte. Así mismo, en cuanto al rendimiento en la época seca, solo *Cratylia argentea* sembrada en similares condiciones y en hileras espaciadas 0,5 m entre plantas y 2,5 m entre hileras (Navarro *et al.*, 2002), superó los valores de producción de *Albizia lebbbeck* en este estudio.

Cuadro 1. Rendimiento de *Albizia lebbbeck* por épocas, según la dosis de CaO y de P_2O_5 /ha. Años 2002 -2004

Época	Dosis de CaO			Dosis de P_2O_5			Promedio
	0	300	600	0	40	80	
		kg/ha			kg/ha		
Lluviosa	983,1b†	1.089,2ab	1.235,7a	928,3c	1.126,6b	1.253,2a	1.102,7a
Seca	400,1c	384,3c	391,5c	327,8f	384,2df	463,1d	391,9b
Promedio	691,8b	736,7ab	813,6a	628,1c	755,9b	858,2a	

† Valores con letras distintas en una misma columna y/o fila son diferentes ($P < 0,05$).

El efecto significativo ($P \leq 0,002$) de la interacción Ca x época estuvo asociado solo a la época lluviosa, siendo mayor en las plantas que recibieron la dosis de 600 kg/ha de CaO (Cuadro 2), lo que indica que a medida que se

aumentó la dosis de Ca, incrementó la producción de MS, lo que pudiera estar relacionado a una mayor absorción del Ca, facilitado por la mayor humedad del suelo en esta época. Esto sugiere la necesidad de aplicar cal, tanto para elevar el pH como para proveer Ca a la planta. Es conocido que el Ca facilita la absorción de otros elementos; más aún en el caso de las leguminosas, que demandan mayor cantidad de bases como Ca y Mg que las no leguminosas (IPP, 1988).

En el caso de la interacción P x época ($P \leq 0,001$), se observó que a medida que la dosis de P_2O_5 fue mayor, se incrementó el rendimiento de MS en ambas épocas, resultando la dosis de 80 kg/ha de P_2O_5 en un mayor rendimiento en la época lluviosa; aunque en la época seca, ésta no mostró diferencias estadísticas, respecto a la dosis de 40 kg/ha.

Proteína cruda foliar

El contenido promedio de proteína cruda en el follaje muestreado cada 8 semanas fue de 23,98%, encontrándose diferencias significativas ($P \leq 0,001$), por efecto de la aplicación del fósforo (Cuadro 2). Sin embargo, estadísticamente solo hubo diferencias entre la dosis 0 y la dosis de 80 kg/ha de P_2O_5 , cuyo valor fue de 25,1%. Estos contenidos son superiores al 20,73%, reportado por Montejo y col. (2004) en esta misma especie.

Cuadro 2. Efecto de la dosis de P_2O_5 en el contenido de proteína cruda (PC) en el follaje de *Albizia lebbbeck*

Dosis de P_2O_5	PC foliar	Producción de PC foliar
kg/ha	%	kg/ha
0	23,1b†	311,1b
40	24,6ab	397,3ab
80	25,1a	473,7a

† Valores con letras distintas en la columna son diferentes ($P < 0,05$).

La producción promedio de proteína foliar fue 394,3 kg/ha; encontrándose diferencias significativas ($P \geq 0,05$), por efecto del fósforo, que resultó mayor cuando se aplicó 80 kg/ha de este elemento.

CONCLUSIONES

- El rendimiento promedio de materia seca del follaje de *Albizia lebbbeck* fue de 1.103 y de 392 kg/ha durante las épocas lluviosa y seca, respectivamente.
- Aún cuando la aplicación de CaO no afectó significativamente el crecimiento, la dosis de 600 kg/ha de CaO y de 80 kg/ha de P₂O₅ resultaron en un mayor rendimiento de MS/ha y PCF/ha.
- Dado su alto contenido de PCF, es necesario la realización de otros estudios para avanzar en tecnologías que permitan incrementar la producción de MS/ha.
- *Albizia lebbbeck* es una alternativa a ser considerada para la implantación de sistemas silvopastoriles en la región. Sin embargo, se sugiere probar edades superiores a 2 años, luego de la siembra, para iniciar la cosecha de follaje.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1980. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 13^{ra} ed., Arlington, VA.
- Dávila C., D. Urbano y R. Carroz. 2000. Experiencias y perspectivas con *Leucaena* en el sur del lago de Maracaibo. Memorias XL Aniversario de la Asociación de Ganaderos Alberto Adriani. El Vigía, Mérida. pp. 1-5.
- Costa N. de L. y V.T. Paulino. 1997. Effects of phosphorus fertilization on forage production, mineral and nodulation of *Acacia angustissima*. Forest, Farm & Community Tree Res. Rep., 2: 18-20.
- Espinoza F., C. Araque, L. León, H. Quintana y E. Perdomo. 2001. Efecto del banco de proteínas sobre la utilización del pasto estrella (*Cynodon lemfuensis*) en pastoreo con ovinos. Zootecnia Trop., 19(Supl. 1): 307-318.
- Gamboa M.A., H. Mendoza, A. Medina y F.S. Solorio. 2000. Evaluación agronómica y producción de forraje de cinco especies de árboles forrajeros en Yucatán. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical".

- Tomo I. FAO – Estación Experimental Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. pp 188-191.
- Geraldine F y L. Simón 2000. Frecuencias de defoliación en *Albizia lebbbeck* para un sistema sostenible de alimentación animal. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Tomo I. FAO – Estación Experimental Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. pp. 185- 187.
- Hernández I., L. Simón y J. Benavides. 2000a. Utilización de *L. leucocephala*, *A. Lebbbeck* y *B. purpurea* en sistemas silvopastoriles. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Tomo II. FAO – Estación Experimental Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. pp. 284- 286.
- Hernández M., S. Sánchez y L. Simón. 2000b. Árboles leguminosos como alternativa de fertilización para caña forrajera. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Tomo II. FAO – Estación Experimental Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. pp. 287- 289.
- Lascano C. y C. Plaza. 1990. Bancos de proteína y energíen sabanas de los llanos orientales de Colombia. Pasturas Trop., 12: 9.
- Llamas E., J.B. Castillo, C. Sandoval y F. Bautista. 2000. Producción y calidad químico nutricional del follaje de arbóreas en un suelo de cantera en Yucatán, México. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Tomo I. FAO – Estación Experimental Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. pp. 128- 131.
- Luque O y L. Avilán. 1976. Clasificación con fines de fertilidad de los suelos de la Mesa de Guanipa, estado Anzoátegui. FONAIAP. Boletín Técnico N° 6. Maracay, Venezuela. 36 p.
- Maldonado M., D. Grande, E. Aranda y F. Pérez-Gil. 2000. Evaluación de árboles forrajeros tropicales para la alimentación de rumiantes en Tabasco, México. Memorias IV Taller Internacional Silvopastoril "Los árboles y arbustos en la ganadería tropical". Tomo I. FAO – Estación Experimental Indio Hatuey. Matanzas, Cuba. pp. 135- 142.

- Montejo S.I., L. Ojeda y G. Pérez 2004. Estudio de la deshidratación de *Albizia lebbbeck*. Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey". Central España Republicana, Matanzas. Cuba.
- Navarro L. y A. Torres. 2001. Evaluación de leguminosas arbustivas para su incorporación en sistemas silvopastoriles. Memorias del Taller Internacional Programa de Integración de la Agricultura y la Ganadería para el Desarrollo Sostenible de las Sabanas Suramericanas. Villavicencio, Colombia.
- Navarro L., T. Rodríguez e I. Rodríguez. 2002. Influencia del calcio, nitrógeno y del magnesio sobre la producción de *Cratylia argentea* en las sabanas bien drenadas de los Llanos Orientales de Venezuela. Revista Científica LUZ, 12(Supl. 2): 534-538.
- PPI (Potash and Phosphate Institute). 1988. Soil Fertility Manual. Potash and Phosphate Institute. Ontario, Canada. 84 p.
- Quintero C.E y G. Boschetti. 2005. Manejo del fósforo en pasturas. Misterio de Producción. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina.
- San José J.J. 1985. Ecología y manejo de los pastizales de *Trachypogon* en los llanos del Orinoco. ALPA, México. pp.27-56.
- SAS (Statistical Analysis System). 1998. SAS User's Guide. Versión 7. SAS Institute, Cary. NC.
- Urbano D., C. Dávila y P. Perdomo. 2000. Manejo del mataratón en el sur de lago de Maracaibo. Memorias del XL Aniversario de la Asociación de Ganaderos Alberto Adriani. El Vigía, Mérida. pp. 1-5.