

SELECCIÓN FAMILIAL EN PLANTAS DE *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. EN CONDICIONES DE VIVERO PARA TOLERANCIA A LA SALINIDAD DEL SUELO

L. Mendoza-Caballero¹; J. J. Vargas-Hernández²; C. Ramírez-Herrera²

¹División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. C.P. 56230.

² Profesor investigador titular e investigador adjunto, respectivamente, Instituto de Recursos Naturales, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México. C.P. 56230.

RESUMEN

Plántulas de 47 familias de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. se expusieron a dos niveles de salinidad del suelo ($S_0 = 0 \text{ gL}^{-1}$ y $S_1 = 45 \text{ gL}^{-1}$ de NaCl), con el propósito de evaluar la respuesta en el crecimiento y estimar el grado de control genético (heredabilidad) en las características de crecimiento y producción de biomasa. El nivel S_1 afectó en forma negativa a la mayoría de las características evaluadas; las características más afectadas fueron la supervivencia, la retención de follaje, y la biomasa de la planta. Se encontró una amplia variación genética en las características de crecimiento y producción de biomasa, con excepción del diámetro del tallo. El crecimiento en altura (longitud del tallo) presentó los valores más altos de heredabilidad tanto a nivel individual como de las medias de familia ($h^2_i = 0.86$ y $h^2_F = 0.88$). El resto de las características presentaron heredabilidades bajas a nivel individual y moderadamente altas a nivel de familias. Esto implica que la selección familiar ofrecería una buena respuesta a la selección. La supervivencia de las plantas en condiciones de salinidad se asoció en forma positiva con varias de las características de crecimiento evaluadas (retención de follaje, biomasa aérea, biomasa total y longitud de raíz). A pesar de ello, las familias seleccionadas por su mayor supervivencia bajo condiciones de salinidad, no fueron siempre las mejores en todas las características de crecimiento, excepto cuatro de ellas, que presentaron al menos cuatro características adicionales sobresalientes.

PALABRAS CLAVE: variación genética, heredabilidad, evaluación temprana, adaptación.

FAMILY SELECTION FOR SALT TOLERANCE IN *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. SEEDLINGS IN THE NURSERY

SUMMARY

Seedlings of 47 families of *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. were exposed to two levels of soil salinity ($S_0 = 0 \text{ gL}^{-1}$ and $S_1 = 45 \text{ gL}^{-1}$ of NaCl) with the objective of evaluating the response in seedling growth and to determine the degree of genetic control for seedling growth and biomass. Most growth traits were negatively affected by soil salinity. Seedling survival, foliage retention and biomass accumulation were the most affected traits. However, with the exception of stem diameter, a broad genetic variation was found in all growth and survival traits. Height growth showed the highest heritability both on individual and family basis ($h^2_i = 0.86$ and $h^2_F = 0.88$). All other traits had low individual-tree but relatively high family-mean heritability values; this implies that family selection would offer a good response to selection. Seedling survival under salinity conditions was positively associated to several growth traits (foliage retention, aerial and total biomass, and root length). In spite of this, families selected by their higher survival under salinity conditions were not always the best for all growth traits, except four families, which had at least four additional superior traits.

KEY WORDS: genetic variation, heritability, early evaluation, adaptability.

INTRODUCCIÓN

La presencia de suelos salinos en nuestro país es abundante debido a los diferentes procesos de formación y prácticas de manejo de éstos (Ortega, 1993). La fuente principal de sales en los suelos bajos que se encuentran a lo largo de las costas son los océanos; para el caso de

terrenos agrícolas son las aguas empleadas para el riego, además de la salinidad causada por los fertilizantes y productos químicos que se aplican a los cultivos (Aceves, 1979). Los altos niveles de aguas freáticas también influyen sobre la salinidad del suelo, ya que al evaporarse dejan depositadas en la superficie las sales que tenían disueltas (Pizarro, 1978).

La especie *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. (cocoite) es una de las especies de uso múltiple más utilizada y difundida como cercos vivos en las regiones tropicales de México, debido a que es una especie de fácil propagación y que ofrece múltiples beneficios (García, 1995). La utilización del cocoite es más común en regiones húmedas y disminuye conforme la humedad y/o la salinidad se vuelve limitante como en los terrenos arenosos cercanos a las costas (Melchor-Marroquín, *et al.*, 1999). La selección de familias e individuos que posean una mayor capacidad de tolerancia a niveles moderados de salinidad podría ser una alternativa para ampliar el uso de esta especie en terrenos marginales de otras regiones ecológicas del país. Por otro lado, generalmente las plantas que crecen bajo condiciones salinas son también resistentes a la sequía, debido a que éstas resisten la deshidratación por sales (Levitt, 1972). Por lo tanto, uno de los mejores logros que se obtendrían con el mejoramiento genético sería aumentar el área de distribución de la especie y con ello el aprovechamiento de los beneficios que brinda. Con base en lo anterior, el presente trabajo se estableció con el propósito de evaluar la respuesta en el crecimiento de plántulas de *Gliricidia sepium* a niveles moderados de salinidad, así como estimar la variación genética y el grado de control genético (heredabilidad) existente en las características del crecimiento de las plantas en respuesta a la salinidad y seleccionar familias de la especie tolerantes a estas condiciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Biológico

En el estudio se utilizó material biológico originado de semilla. El germoplasma se colectó durante el período 1993-1995 de un total de 47 árboles individuales de cocoite, que se encontraban dentro del área de distribución natural de la especie en los estados de Yucatán, Campeche, Tabasco, Veracruz, Oaxaca, Guerrero y Puebla (Mendoza, 1997). La semilla se mantuvo identificada y separada por árbol para conservar su identidad genética, por lo que cada lote constituye una familia de polinización libre. La semilla se sembró en cajas de "unicel" en un sustrato de una mezcla de arena de río y tierra de monte en una proporción 1:1 en volumen, dejando una cavidad vacía entre planta y planta con el propósito de que las plantas tuvieran espacio suficiente para su desarrollo. Las plantas se mantuvieron durante todo el período del ensayo de salinidad bajo condiciones de invernadero.

Establecimiento del experimento

Se establecieron dos tratamientos de salinidad. En el nivel S_0 (testigo) las plantas se regaron con agua de la llave, mientras que en el nivel S_1 se aplicó un total de 45 gL^{-1} de NaCl, distribuido en dos riegos; en la primera ocasión cuando las plantas tenían 2 meses de edad se aplicaron

30 gL^{-1} , y a los 3 meses de edad se aplicaron los otros 15 gL^{-1} de NaCl. Para determinar el nivel de salinidad alcanzado en el sustrato se hicieron determinaciones de conductividad eléctrica en una mezcla 1:5 (20 g de suelo por 100 ml de agua), después de cada aplicación. Las lecturas se realizaron con un medidor de conductividad eléctrica (Cole-Parmer Instrument Co.) en mmhos/cm a $25 \text{ }^\circ\text{C}$; estos datos fueron ajustados por medio de una regresión a valores de conductividad eléctrica en el extracto de saturación.

En el experimento se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones, bajo un arreglo factorial en parcelas divididas. El factor A, representado por los niveles de salinidad (S_0 y S_1) se ubicaron en las parcelas grandes, y el factor B, representado por las 47 familias en las parcelas pequeñas. Esto generó un total de 94 tratamientos con cuatro repeticiones (bloques) para un total de 376 unidades experimentales. Cada unidad experimental (parcela) estuvo representada por 10 plantas.

Medición y análisis de las variables

La supervivencia se determinó cada semana con base en las 10 plantas existentes en las parcelas pequeñas (unidad experimental). Las plantas se consideraron muertas cuando perdieron completamente el follaje y se marchitó el meristemo apical y la parte terminal del tallo. Adicionalmente, en cuatro plantas por parcela se determinó la retención y formación de follaje contando las hojas presentes y las hojas formadas a partir de la hoja marcada inicialmente. Después de 4 meses, mediante un análisis destructivo, se determinó el diámetro (mm) y longitud del tallo (cm), la longitud de la raíz (cm), el peso seco de la parte aérea (g), y el peso seco de la raíz (g), utilizando las cuatro plantas marcadas inicialmente en cada una de las parcelas.

La información obtenida para cada una de las variables de supervivencia, crecimiento y producción de biomasa se analizaron estadísticamente de acuerdo al diseño experimental descrito. El factor niveles de salinidad se consideró de efectos fijos y el factor familias como de efectos aleatorios (Mendoza, 1997). La variable de supervivencia fue transformada con la función "arco seno" antes del análisis estadístico. Los componentes de varianza así como la contribución de cada uno de ellos a la variación fenotípica se estimaron con base en la estructura de los cuadrados medios esperados del modelo, empleando las ecuaciones mencionadas por Marín (1996).

Para conocer el grado de control genético que tienen las variables de crecimiento y producción de biomasa se estimaron, con ayuda de los componentes de varianza, las varianzas fenotípicas y genéticas y las heredabilidades a nivel individual y de las medias de familia, empleando las fórmulas descritas por Falconer (1986), bajo el supuesto

de que las familias de polinización libre tienen un grado de parentesco ligeramente mayor que el que existe entre medios hermanos. Con base en este supuesto, la varianza aditiva se calculó como equivalente a 3 veces la varianza de familias (Campbell, 1986). Además, con el propósito de establecer una posible relación entre la supervivencia de las plantas con sus características de crecimiento bajo condiciones de salinidad, se estimaron las correlaciones fenotípicas (coeficientes de correlación de Pearson) entre estas características utilizando los valores promedio por familia en el tratamiento S_1 .

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Conductividad eléctrica

La correlación existente entre las determinaciones de conductividad eléctrica del extracto de saturación y la conductividad eléctrica de los extractos 1:5 fue satisfactoria ($r=0.94$), por lo que los resultados de las determinaciones en el ensayo presentan una seguridad razonable del nivel de salinidad en el sustrato. La conductividad eléctrica promedio, determinada un mes después de la primera aplicación de sal fue de 14.9 mmhos/cm en el nivel de salinidad S_1 y de 4.4 mmhos/cm en el nivel S_0 ; con la segunda aplicación de salinidad la conductividad en el tratamiento S_1 aumentó a 16.1 mmhos/cm. Al comparar la conductividad en envases pertenecientes a diferentes familias no se encontraron diferencias significativas dentro de un mismo tratamiento, por lo que las diferencias observadas en el comportamiento de las plantas de diferentes familias a estos niveles de salinidad están asociadas a efectos genéticos.

Supervivencia

Al final del ensayo, la supervivencia promedio fue de 99.8 % en el tratamiento testigo (S_0) y de 56.3 % en el tratamiento de salinidad (S_1), con una diferencia de más del 40 % entre ellos, que fue estadísticamente significativa ($P<0.05$) desde la primera semana de evaluación (Figura 1a). Pezeshki y Chambers (1986) encontraron que *Fraxinus pennsylvanica* Marsh es altamente sensible a la salinidad ya que niveles de 36.5 y 73 g de NaCl disueltos en 300 ml de agua (equivalente a 3.36 y 6.79 mho/cm, respectivamente), causaron una mortandad total en las plántulas, en un periodo de 3 a 4 días. Por otro lado, Valdéz (1996) en un estudio muy similar al que aquí se presenta, encontró que *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. tuvo una mortalidad menor al 8 % después de dos meses de exponer plantas de 4 meses de edad a una concentración de 16 gL⁻¹ de NaCl (19.95 mmhos/cm).

La supervivencia bajo condiciones de salinidad varió de 21 a 94 % entre familias. La familia 91 presentó la mayor supervivencia (94.28 %), un 70 % más que la familia con menor supervivencia (21 %). La diferencia entre los dos grupos de 10 familias con valores extremos de supervivencia, fue de 50 %, con diferencias significativas ($P<0.05$) entre ellos (Figura 1b).

Retención y formación de follaje

Los tratamientos de salinidad afectaron drásticamente y de manera significativa ($P<0.05$) la retención de hojas simples y compuestas en las plantas, así como la formación de éstas últimas. La retención de hojas simples en condiciones favorables (S_0) fue de 14.7 %, poco más del

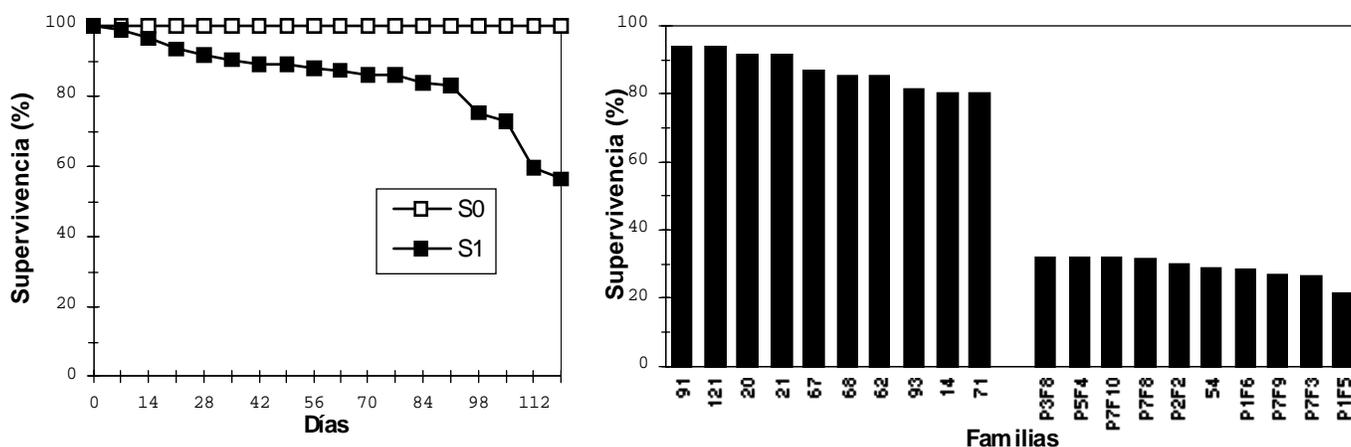


Figura 1. a) Comportamiento de la supervivencia durante los 4 meses de duración del ensayo (nota: las diferencias entre tratamientos son significativas ($P<0.05$) desde la primera semana del estudio); b) Familias extremas en porcentaje de supervivencia al final del ensayo (nota: La variación entre familias es significativa ($P<0.05$) al final del ensayo).

doble del valor observado en el nivel S_1 , que fue de 6.9 %; un comportamiento similar se observó en las hojas compuestas, donde la retención en condiciones favorables fue de 66.4 %, casi el doble que en condiciones de salinidad, donde sólo hubo una retención de 38.3 %. Además, en condiciones favorables se formaron en promedio 5.4 hojas, y en condiciones de salinidad sólo 1.5 hojas. La diferencia entre estos niveles de salinidad cobra mayor importancia al considerar que bajo condiciones favorables las hojas presentaron un mayor tamaño, con folíolos bien desarrollados, contrario a lo observado en condiciones salinas.

Las especies caducifolias como *Gliricidia sepium* tienden a eliminar su follaje como un mecanismo de adaptación a condiciones de estrés, principalmente por sequía (García, 1997); sin embargo, este mecanismo también se observó bajo condiciones de salinidad, dado que la salinidad limita la absorción de agua a las plantas semeando una condición de sequía. Es posible también que el desprendimiento de las hojas en estas plantas se deba a la acumulación de sal en estos tejidos, ya que en algunas especies de plantas se ha observado este proceso como un mecanismo de evasión a la salinidad (Evans, 1978).

Al final del ensayo de salinidad, la familia 83 fue la que retuvo el mayor porcentaje de hojas compuestas (80 %), mientras que la familia P1F10 no presentó ninguna hoja. La familia P1F10 presentó un comportamiento interesante ante el nivel de salinidad S_1 , ya que fue la familia con 0 % de retención de hojas y, sin embargo, por el hecho de tener la capacidad de formar hojas, pudo sobrevivir a las condiciones adversas de salinidad.

Crecimiento y producción de biomasa.

La salinidad del suelo afectó en forma negativa a la mayoría de las variables de crecimiento y acumulación de biomasa evaluadas (Cuadro 1); sin embargo, la magnitud del efecto no fue similar en todas ellas, y sólo en algunos casos fue significativo estadísticamente ($P < 0.05$). Las variables más afectadas, con diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos, fueron el peso seco de la parte aérea y el peso seco total, las cuales se redujeron cerca del 70 % con respecto a los valores observados en condiciones favorables. El número de hojas y el peso seco de raíz se redujeron cerca del 60 %, también con diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos de salinidad, influyendo de manera directa sobre la acumulación de biomasa. La longitud del tallo y la longitud de raíz fueron las variables menos afectadas por la salinidad del suelo con una reducción no significativa ($P = 0.05$) de un 15 % y un 4 %, respectivamente. La variable que no resultó afectada fue el diámetro en la base del tallo (Cuadro 1).

García (1997) encontró resultados similares a los del presente ensayo al someter plantas de *Gliricidia sepium* a dos condiciones de humedad del suelo. En ese estudio, la

variable más afectada, después del número y peso seco de nódulos, fue el área foliar (relacionada directamente con el número de hojas), que se redujo más de un 70 % por efecto de la sequía. Por esta razón, el peso seco de la parte aérea se redujo en un 42 % y el peso seco total en un 33 %. Las variables diámetro, altura, longitud de raíz, peso seco de raíz y peso seco del tallo también fueron las variables menos afectadas en dicho estudio.

CUADRO 1. Crecimiento y producción de biomasa en plantas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., después de 120 días en condiciones de salinidad del suelo ($S_0 = 0$ gL⁻¹ y $S_1 = 45$ gL⁻¹, NaCl).

Variable	S_0	S_1	S_1/S_0 (%)
Número de hojas	8.30	3.21	39*
Diámetro (cm)	0.41	0.43	105
Longitud del tallo (cm)	25.54	21.80	85
Longitud de raíz (cm)	16.61	15.88	96
Peso seco de la parte aérea (g)	0.65	0.20	31*
Peso seco de raíz (g)	0.18	0.08	44*
Peso seco total (g)	0.83	0.28	34*

*Señala diferencias significativas ($P < 0.05$) entre S_0 y S_1 .

En condiciones de salinidad del suelo (S_1), las familias 83, 67 y 62 presentaron las mejores características en el número de hojas. En el caso del crecimiento en diámetro, la familia 105 presentó el mayor valor promedio en condiciones de salinidad del suelo, con 0.34 cm, 1.9 veces más que la familia P8F1 que registró el menor diámetro (0.18 cm). En la longitud del tallo, la familia con el mayor crecimiento en longitud bajo condiciones de salinidad fue la 104 con 25.6 cm, 2.5 veces más que la familia con la menor longitud que fue la P9F6 con sólo 10.3 cm. La familia 126 fue la que presentó la mayor longitud de raíz (18.6 cm), 1.5 veces más que la familia P1F6, que tuvo la menor longitud promedio de raíz (11.8 cm). En la biomasa de la parte aérea las familias que sobresalen bajo condiciones de salinidad fueron la 62 y 77 con 0.3 g, tres veces más que la familia P9F6 con sólo 0.1 g de peso. En cuanto a la biomasa de raíz, la familia P5F3 presentó el mayor valor promedio con 0.14 g, 3.5 veces más que la familia 120 que acumuló apenas 0.04 g. La familia que presentó la mayor acumulación de biomasa total en condiciones de salinidad fue la 62, con 0.41 g, 2.4 veces más que la familia P9F6 que acumuló 0.17 g. Las diferencias entre las familias extremas en condiciones de salinidad fueron significativas ($P < 0.05$) en todas las características de crecimiento y acumulación de biomasa evaluadas.

Estructura de la varianza y grado de control genético

Al final del ensayo de salinidad, las familias contribuyeron con más del 5 % a la variación fenotípica

total en la mayoría de las características evaluadas, con excepción de la variable diámetro basal del tallo que aportó menos del 1 %. La variable longitud del tallo fue la que aportó el mayor porcentaje (26.6 %). La interacción de los tratamientos de salinidad del suelo con las familias (σ^2_{TF}) agregó entre un 3 y un 16 % adicional a la varianza fenotípica total. La contribución de este componente es importante ya que en la mayoría de las variables fue mayor incluso que el de las familias. Esto implica que la selección de las mejores familias con base en estas características ocasionaría diferentes resultados (i.e. diferentes familias seleccionadas) en cada ambiente. La variable longitud del tallo tuvo un comportamiento diferente a las variables anteriores ya que las familias contribuyeron con un 26.63 % de la variación total, mientras que la interacción tratamientos X familias aportó menos del 1 %. Esto implica que esta característica fue relativamente estable en los dos ambientes de evaluación, por lo que la selección de familias con base en esta característica tendría una respuesta similar en cualquiera de ellos (Cuadro 2).

Las heredabilidades individuales (h^2_i) variaron desde 0.01 hasta 0.80. Las heredabilidades a nivel de las medias de familias (h^2_F) fueron mayores que las heredabilidades individuales, con una magnitud de casi el doble de la heredabilidad individual en la mayoría de las características de crecimiento (Cuadro 2).

El crecimiento en altura (longitud del tallo) presentó los valores más altos tanto a nivel individual ($h^2_i = 0.86$) como de las medias de familia ($h^2_F = 0.88$), mientras que el crecimiento en diámetro presentó el extremo inferior ($h^2_i = 0.01$ y $h^2_F = 0.02$); el resto de las características presentaron heredabilidades bajas a nivel individual y moderadamente altas a nivel de familias. Valdez (1996) encontró heredabilidades relativamente altas ($h^2_i > 0.35$) en las variables de crecimiento altura y diámetro en *Eucalyptus camaldulensis*. Marín (1996) también encontró resultados

similares a los del presente estudio durante un primer ciclo de crecimiento en procedencias de *Gliricidia sepium*.

Correlaciones fenotípicas y selección

Bajo condiciones de salinidad del suelo la supervivencia de las plantas se asoció en forma significativa ($P < 0.05$) con algunas de las características de crecimiento de las plantas. Esta variable tuvo una correlación positiva mayor de 0.30 con las características de longitud de raíz ($r = 0.35$), retención de hojas simples ($r = 0.34$) y compuestas ($r = 0.60$), biomasa de la parte aérea ($r = 0.62$) y biomasa total ($r = 0.55$). Sin embargo, el hecho de que ninguna de las correlaciones fueran mayores de 0.65 implica que deben existir otros caracteres involucrados en los mecanismos de adaptación que también son importantes en la supervivencia de las plantas en estas condiciones de salinidad, los cuales no fueron evaluados en este estudio.

Debido a lo anterior, al seleccionar familias más tolerantes, éstas no fueron siempre superiores en las demás características de crecimiento y producción de biomasa. La familia 91 presentó la mayor supervivencia, pero sólo fue sobresaliente en las características de formación de hojas y biomasa del tallo. La familia 121 tuvo un comportamiento aún más drástico, debido a que es la segunda familia en términos de supervivencia, pero no se encuentra entre las 10 primeras familias en ninguna de las demás características. Esto indica que las plantas de estas familias alteraron su crecimiento y producción de biomasa para sobrevivir por un mayor tiempo al ambiente adverso. A pesar de ello, las familias 67, 62, 68 y 20 presentaron valores promedio notorios en la mayoría de las características de crecimiento y producción de biomasa. Por lo tanto, estas familias serían adecuadas para utilizarse en un ambiente con condiciones limitantes de salinidad, al ofrecer mejores perspectivas de supervivencia y

CUADRO 2. Componentes de varianza y heredabilidades de las variables de crecimiento y producción de biomasa en un ensayo con 47 familias de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp., bajo dos condiciones de salinidad del suelo.

Variable	Componentes de varianza (%) [†]			Heredabilidad [‡]		
	σ^2_F	σ^2_{TF}	σ^2_{B*TF}	σ^2_W	h^2_i	h^2_F
Número de hojas	8.05	12.96	6.53	72.46	0.24	0.44
Diámetro basal	0.26	16.76	44.47	38.51	0.01	0.02
Longitud de tallo	26.63	0.39	16.87	56.11	0.80	0.86
Longitud de raíz	4.39	0.25	5.97	89.39	0.13	0.41
Peso seco aéreo	8.59	11.47	1.20	78.74	0.26	0.49
Peso seco de raíz	5.24	3.73	18.66	72.37	0.16	0.43
Peso seco total	8.12	10.04	5.22	76.62	0.24	0.49

[†]Expresados como porcentaje de la variación fenotípica total; σ^2_F = varianza de familias; σ^2_{TF} = varianza de la interacción familias X tratamientos; σ^2_{B*TF} = varianza entre parcelas; σ^2_W = varianza dentro de parcelas.

[‡] h^2_i = heredabilidad individual; h^2_F = heredabilidad de las medias de familia.

crecimiento.

CONCLUSIONES

Existe una amplia variación en las características de crecimiento y producción de biomasa de *Gliricidia sepium* en respuesta a los niveles de salinidad del suelo. El crecimiento en altura (longitud del tallo) presentó una alta heredabilidad tanto a nivel individual ($h^2_i = 0.80$) como de medias de familias ($h^2_F = 0.86$), lo que indica que existe un control genético elevado en esta característica en el ambiente adverso; con excepción del diámetro basal en donde no se encontró una variación genética significativa, en las demás características las heredabilidades individuales fueron moderadas ($h^2_i \geq 0.13$), y la de las medias de familias fueron mucho mayores ($h^2_F \geq 0.41$). Esto indica que una selección a nivel de familias ofrecería una mejor respuesta a la selección. Bajo condiciones de salinidad se observó que la supervivencia de las plantas estuvo asociada con varias características (longitud de raíz, retención de hojas, biomasa de la parte aérea y biomasa total); sin embargo, el hecho de que ninguna de las correlaciones tuviera valores elevados indica que deben existir otras características involucradas en los mecanismos de adaptación que también son importantes en la supervivencia de las plantas en estas condiciones de salinidad.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo recibió apoyo financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), a través del proyecto de investigación 1306-A-9206 "Adaptación de especies forestales de rápido crecimiento a condiciones desfavorables de humedad y salinidad".

LITERATURA CITADA

- ACEVES N., E. 1979. El ensalitramiento de los suelos bajo riego; identificación, control combate y adaptación. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 382 p.
- CAMPBELL, R.K. 1986. Mapped genetic variation of Douglas-fir to guide seed transfer in Southwest Oregon. *Silvae Genet.* 35: 85-96.
- EVANS de C., M. 1978. Factores limitantes para la colonización vegetal del lecho del ex-Lago de Texcoco, México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 159 p.
- FALCONER, D. S. 1986. Introducción a la Genética Cuantitativa. Compañía Editorial Continental. México. 383 p.
- GARCIA F., M. 1997. Respuesta a la sequía de plántulas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp., de distintas procedencias. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 81 p.
- GARCIA J., J. G. 1995. Utilización de cercos vivos en la Huasteca Potosina. Tesis de Licenciatura, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 56 p.
- LEVITT, 1972. Responses of plants to environmental stresses. Salt and ion stresses. Academic Press, New York, U.S.A. 697 p.
- MARIN Q., M. 1996. Estimación de parámetros genéticos en dos ciclos de crecimiento de plantas de cocoite blanco (*Gliricidia sepium*). Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 87 p.
- MELCHOR-MARROQUIN, J.I.; VARGAS-HERNANDEZ, J.J.; FERRERA-CERRATO, R.; KRISHNAMURTHY, L. 1999. Screening *Rhizobium* strains associated with *Gliricidia sepium* along an altitudinal transect in Veracruz, México. *Agroforestry Systems* 46: 25-38.
- MENDOZA C., L. 1997. Selección familiar en plantas de *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Walp. por tolerancia a la salinidad del suelo, en condiciones de vivero. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales, UACH. Chapingo, México. 74 p.
- ORTEGA E., M. 1993. Causas del ensalitramiento y su efecto sobre los suelos. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 71 p.
- PEZESHKI, S. R.; CHAMBERS, J. L. 1986. Effect of soil salinity on stomatal conductance and photosynthesis of green ash (*Fraxinus pennsylvanica*) Can. J. For. Res. 16: 569- 573.
- PIZARRO, F. 1978. Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos. Editorial Agrícola Española. Madrid, España. 521 p.
- VALDEZ A., H. R. 1996. Variación genética y respuesta de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. a salinidad (NaCl) del suelo. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. México. 128 p.