

CRECIMIENTO Y CARACTERÍSTICAS DE LA COPA DE PROCEDENCIAS DE *Pinus greggii* Engelm. EN GALEANA, NUEVO LEÓN

GROWTH AND CROWN TRAITS OF PROVENANCES OF *Pinus greggii* Engelm. AT GALEANA, NUEVO LEÓN

Rodrigo Rodríguez Laguna^{1*}, Salvador Valencia Manzo², Joel Meza Rangel¹,
Miguel Ángel Capó Arteaga² y Andrés Reynoso Pérez³

¹Instituto de Ciencias Agropecuarias, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Rancho Universitario, Ex-Hacienda Aquetzalpa. Apartado. Postal No. 32. 43600, Tulancingo de Bravo, Hidalgo. Tel. 01 (775) 753-3495, Fax. 01 (771) 717-2125. ²Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista. 25315, Saltillo, Coahuila. ³Despacho Forestal Unión de Ejidos Adalberto Tejeda. Km 19.5 Carr. Huayacocotla-Tulancingo. 92600, Huayacocotla, Veracruz.

*Autor para correspondencia (rodris71@yahoo.com)

RESUMEN

Las poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. se distribuyen en pequeños manchones, aisladas por barreras geográficas que limitan el intercambio genético entre ellas, por lo que se supone que existe una diferenciación genética importante. En este trabajo se evaluó la supervivencia, el crecimiento y las características de la copa en árboles de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. a 4.5 años de plantados en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, Nuevo León, México. La medición se hizo en 2004, al registrar supervivencia, altura, diámetro a la base del tallo, altura a la primera rama y diámetro de copa (N-S, E-O); se calcularon, además, el diámetro promedio de copa, el área de proyección de copa, el área de intercepción lumínica y el porcentaje de copa de cada árbol. Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las procedencias en todas las variables, excepto en supervivencia. Los árboles de la procedencia con mayor crecimiento alcanzaron una altura promedio de 136.5 cm, con una área de proyección de copa de 0.85 m². El área de intercepción lumínica varió en más de 1.1 m² entre las procedencias extremas. Las diferencias obtenidas en las características de la copa estuvieron asociadas a las diferencias en la tasa de crecimiento de las procedencias. El crecimiento en altura del árbol se correlacionó con la elevación del sitio de origen ($r = -0.76$); el área de intercepción lumínica ($r = 0.94$), el área de proyección de copa ($r = 0.86$) y el porcentaje de copa ($r = 0.48$) se asociaron con el crecimiento en altura de los árboles. El estudio muestra evidencias para seleccionar las procedencias de Los Lirios, Coah. y Agua Fría, N. L., para proteger el suelo del sitio de plantación.

Palabras clave: *Pinus greggii*, área de intercepción lumínica, ensayo de procedencias, plantaciones, protección al suelo.

SUMMARY

Pinus greggii Engelm. natural populations grow in small groups isolated by geographical barriers; this condition limits the genetic exchange among them, thus allowing to suppose important genetic differences among populations. The research assessed survival, growth and canopy characteristics in nine provenances of *Pinus greggii* trees after 4.5 years of plantation, at Galeana, Nuevo León, México. Measurements were done in 2004, considering survival, height, stem base diameter, first branch height, and canopy diameter (N-S, E-W); in addition, variables such as canopy diameter average, canopy projection area, light interception area and tree canopy average, were calculated. Statistical differences ($P \leq 0.05$) among provenances were found for all variables, except survival. The provenance with the highest tree height reached 136.5 cm, with a canopy projection area of 0.85 m². Light interception area varied in more than 1.1 m² among provenances. The canopy characteristics were linked to growth rate differences in provenances. Tree height correlated with provenance altitude ($r = -0.76$), as well as light interception area ($r = 0.94$), canopy projection area ($r = 0.86$) and canopy average ($r = 0.48$). According to this study, the trees from Los Lirios, Coahuila and Agua Fría, Nuevo León should be best to protect the soil in the plantation sites.

Index words: *Pinus greggii*, light interception area, test of provenances, forest plantations, soil protection.

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético forestal se define como el proceso de identificación y desarrollo de poblaciones genéticamente superiores de especies forestales; el uso de estas poblaciones es como fuente de semilla (u otro propágulo) para establecer plantaciones, con la finalidad de mejorar alguna característica relacionada con la productividad, como diámetro del árbol a una edad específica, altura o volumen del árbol individual (Cornelius, 1998). Rara vez se incluyen en el proceso de selección a características de la

forma del árbol en estados juveniles, como forma y tamaño de la copa.

Los ensayos de procedencias por especie es el procedimiento experimental más empleado para comparar el comportamiento de la semilla que proviene de diferentes poblaciones, en sitios y ambientes diferentes previamente caracterizados. Estos ensayos se pueden establecer en ambientes extremos en los cuales se pretende establecer las plantaciones, y permite incluir un intervalo amplio de la distribución natural de la especie de interés con el objeto de valorar los patrones de variación e identificar regiones amplias en las que se encuentren las mejores fuentes de semilla, en términos de adaptación al sitio de plantación, conformación de las copas y productividad de los árboles (Zobel y Talbert, 1988).

La copa es uno de los componentes del árbol que influyen sobre la producción primaria, porque sus dimensiones reflejan el vigor del individuo, de modo que las copas densas y altas están asociadas con un crecimiento vigoroso; en cambio, las copas con poco desarrollo y poco densas reflejan condiciones desfavorables de crecimiento debido a la competencia, estrés por humedad o a la influencia de la defoliación por insectos, y enfermedades de las hojas, entre otros (Schomaker *et al.*, 1999). Varios investigadores mencionan la importancia de conocer las características de la copa de los árboles y con ellas predecir la respuesta en crecimiento de los árboles (Doruska y Burkhart, 1994; Brunner, 1998); existen evidencias de que la cantidad de luz que intercepta la copa determina en gran medida el crecimiento del árbol (Aiba y Kohyama, 1997; Sterk, 1999; Tang *et al.*, 1999).

Pinus greggii Engelm. es una especie forestal nativa de México, que se distribuye en pequeños rodales a lo largo de la Sierra Madre Oriental (Martínez, 1992). La especie se considera rústica y con buenas características para desarrollarse con cierta facilidad en terrenos pobres (González, 1978). Esta especie posee la habilidad de crecer rápidamente y ha sido reportada como tolerante a la sequía (Vargas y Muñoz, 1988) y al ataque de algunas plagas fuera de su distribución natural, aunque es susceptible a otras (Dvorak *et al.*, 2000), por lo que es utilizada con fines de protección o recuperación de áreas degradadas (Martínez, 1992).

La capacidad de protección o recuperación de un suelo depende de la velocidad con que se logre la cobertura de éste por los árboles, ya que al aumentar la cobertura de copa se reduce el impacto de la lluvia y de otros agentes erosivos sobre el suelo, se aumenta la captación de energía lumínica y la productividad primaria, así como la aportación de materia orgánica al suelo. Estos procesos ayudan a

formar un microclima propicio para que los agentes bióticos incorporen materia orgánica al suelo y lo dejen en condiciones de ser utilizado nuevamente por las plantas.

A pesar de la importancia de la copa en la productividad, hay escasa información referente a las características de la copa en estados juveniles de los árboles (área de proyección de copa, área de intercepción lumínica). Si se conoce el tamaño y la forma de la copa es posible corregir problemas de erosión de suelo, además de contribuir a la recuperación de la cobertura vegetal con una especie que tiene amplio uso en la región sur del Estado de Nuevo León.

Por lo anterior se planteó como primer objetivo evaluar la supervivencia, el crecimiento y características de la copa en los árboles de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. a 4.5 años de plantados en el cerro El Potosí, Ejido 18 de Marzo de Galeana, Nuevo León, México. El segundo objetivo fue determinar si existe relación de las variables evaluadas con el origen geográfico de las procedencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Origen del germoplasma y ubicación de la plantación

El trabajo se hizo en una plantación de *P. greggii* de 4.5 años de edad en campo, en la que se evalúan nueve poblaciones naturales de los Estados de Coahuila y Nuevo León (Cuadro 1). Los lotes de semilla de las nueve procedencias se colectaron en 1997 y luego fueron sembrados en noviembre de 1998 en un invernadero del Colegio de Postgraduados. Se usaron envases individuales de plástico negro de 125 mL de capacidad. La mezcla de sustrato utilizado fue 60 %, 30 % y 10 % de "peat moss", vermiculita, y agrolita respectivamente, más 4 kg de Osmocote 17N-17P-17K por cada metro cúbico de mezcla de sustrato. A las plantas se les aplicaron tres riegos por semana. A los tres meses de edad se disminuyó a la mitad la densidad de plantas y se colocaron bajo malla sombra de 50 %.

La plantación se hizo en septiembre de 1999 en una parcela del Ejido 18 de Marzo, Galeana, Nuevo León (24° 53' LN, 100° 12' LO), a una altitud de 2209 m, cuya precipitación media anual es de 401 mm y su temperatura media anual de 18.2 °C; el clima es seco semi-cálido, con invierno fresco, muy extremoso, con lluvias de verano y precipitación invernal no significativa; los meses más lluviosos en la región son agosto y septiembre (García, 1988). La plantación se estableció en un terreno agrícola abandonado, con una pendiente promedio de 19 %, con exposición al noreste. Debido al uso agrícola anterior, el suelo presentaba un nivel de erosión moderado. Se

Cuadro 1. Localización geográfica y precipitación de nueve poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. del norte de México, plantada en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, Nuevo León.

Procedencia	Coordenadas geográficas		Altitud (msnm)	Precipitación (mm)
	Latitud (Norte)	Longitud (Oeste)		
Puerto El Conejo, N. L.	25° 28'	100° 35'	2520	650
Santa Anita, Coah.	25° 27'	100° 34'	2560	650
Agua Fria, N. L.	25° 26'	100° 30'	2400	633
Puerto San Juan, Coah.	25° 25'	100° 33'	2613	600
Los Lirios, Coah.	25° 23'	100° 31'	2420	600
El Penitente, Coah.	25° 22'	100° 54'	2405	500
Jamé, Coah.	25° 21'	100° 34'	2552	600
Las Placetas, N. L.	24° 55'	100° 11'	2450	750
La Tapona, N. L.	24° 43'	100° 06'	2130	650

hicieron cepas de 30x30x30 cm, y la planta se estableció en el centro de la cepa, cuyo hueco era más ancho que hondo (denominado “cajete”) para capturar agua de lluvia. La textura del suelo en la capa superficial es limosa-arcillosa, con estructura moderadamente dura.

Diseño experimental

Para controlar el componente ambiental, especialmente las condiciones de suelo y de pendiente, en el ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar para separar los efectos genéticos de las características fenotípicas (Quijada, 1980). Así, la plantación se dividió en 30 bloques transversales a la pendiente. Las nueve procedencias se asignaron al azar dentro de cada bloque, en parcelas compuestas por hileras de cuatro plantas a lo largo de la pendiente. Las plantas se establecieron a un espaciamiento de 2 x 2 m para generar una densidad de 2500 plantas/ha.

Características evaluadas

El porcentaje de supervivencia en cada parcela se midió en marzo del 2004, y también se midió: altura total, diámetro a la base del tallo (3-5 cm del suelo), altura a la primera rama viva de la copa, altura al punto más amplio de la copa y diámetro de la copa en las direcciones norte-sur y este-oeste. Con estos datos se procedió a calcular unos índices que caracterizan la copa de los árboles, como: diámetro promedio de copa, área de proyección de copa (APC), área de intercepción lumínica de la copa (AILC) y porcentaje de copa (PC) (Jiménez *et al.*, 2002). El APC se estimó como la proyección horizontal de la copa del árbol en el suelo, y se usó como medida de densidad de la plantación (Figura 1), mediante la siguiente ecuación:

$$APC = \frac{\pi}{4} \times DPC^2$$

Donde DPC es el diámetro promedio de la copa del árbol.

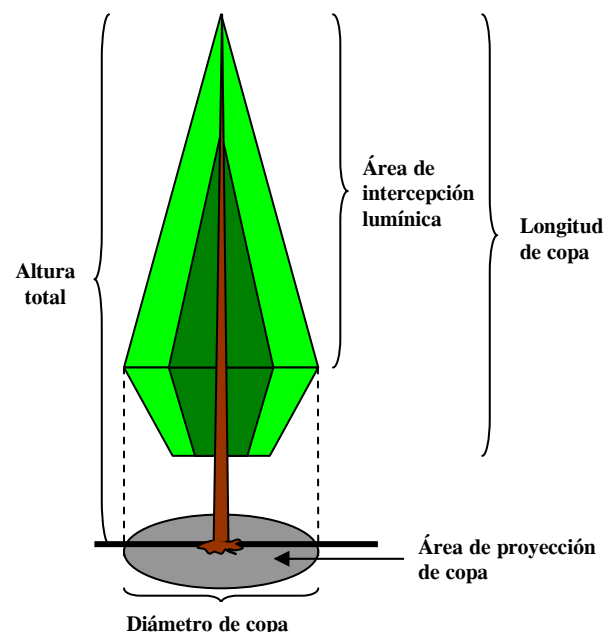


Figura 1. Representación de las variables evaluadas en árboles de *Pinus greggii* Engelm. de 4.5 años de plantados en Galeana, Nuevo León.

El AILC corresponde a la región fotosintética más activa de la copa porque es donde se absorbe la mayor cantidad de radiación lumínica, y corresponde a la superficie de la copa después de eliminar la superficie sombreada en la base de la copa (Figura 1); se estimó con la ecuación (Jiménez *et al.*, 2002), en metros cuadrados.

$$AILC = \frac{(\pi)(r)}{6LC^2} \left[(4LC^2 + r^2)^{\frac{3}{2}} - r^3 \right]$$

Donde LC es la longitud de copa del árbol (m) y r es el radio de la copa (m).

El PC se define como la relación entre la longitud de copa (LC) y la altura total del árbol (Ht), y se expresa en porcentaje o como una fracción (Figura 1).

Análisis estadísticos

Los promedios por parcela de las variables: supervivencia, altura total, diámetro a la base del tallo, altura a la primera rama, altura al punto más amplio de la copa, así como las variables calculadas de la copa, fueron sometidos a análisis de varianza. En el caso de supervivencia, previo al análisis de varianza los datos fueron transformados con la función arco-seno, pero los valores promedio de las procedencias fueron expresados en las unidades originales. Para las variables que presentaron diferencias estadísticas ($P < 0.10$) en el análisis de varianza, se hizo la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey. Con los valores promedio por procedencia se estimó la correlación simple entre las variables evaluadas en las plantas con las coordenadas geográficas y la precipitación del sitio de origen del germoplasma, para establecer el posible patrón geográfico de variación. También se estimó la correlación simple entre las variables medidas directamente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Supervivencia

El análisis de varianza mostró que no hubo diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre procedencias en la supervivencia de las plantas, a los 4.5 años de haber sido plantadas en campo. El ensayo tuvo una supervivencia de 92.7 %, con valores promedio extremos de 96.4 % para Puerto San Juan y de 86 % para Agua Fría.

En otros ensayos de *P. greggii* establecidos en regiones con condiciones ambientales muy diversas tampoco se han encontrado diferencias significativas entre procedencias en la supervivencia de las plantas (Dvorak *et al.*, 1996; López *et al.*, 2004), lo que muestra la plasticidad de la especie en el centro y norte del país. Según Zobel y Talbert (1988), las variables de adaptación como supervivencia, tienen un fuerte efecto de procedencia u origen geográfico, pero esto no se reflejó en el presente estudio ni en los estudios aquí citados. Es posible que el grupo de procedencias de *P. greggii* en el norte del país haya evolucionado de manera semejante, al estar expuesto a condiciones ambientales similares.

Un grupo de seis procedencias tuvieron una supervivencia mayor de 93 % (Puerto San Juan, Las Placetas,

Puerto El Conejo, Los Lirios, La Tapota, y Jamé), como se muestra en la Figura 2. El valor promedio en otros estudios hechos con la misma especie también dieron buenos resultados. Por ejemplo, en un ensayo de procedencias en dos localidades de la Mixteca Alta de Oaxaca se tuvo una supervivencia de 96 % a los 2.5 años de plantados en campo, para las mismas procedencias del norte y otras más del centro de México (Valencia *et al.*, 2006); en otro ensayo de la misma especie con procedencias del centro del país hecho en Coatepec, Ver., la supervivencia fue de 91.7 % a los dos años (Alba *et al.*, 1998); en condiciones de invernadero la especie mantuvo 87.1 % de supervivencia a los 16 meses de edad, en Texcoco, Estado de México (López *et al.*, 2000); y en Patoltecoya, Pue. tuvo 75 % a dos años siete meses (López *et al.*, 1999), y 60 % en el mismo ensayo a los seis años de edad (López *et al.*, 2004). En estos últimos dos ensayos se usaron las mismas procedencias del norte y otras más del centro del país.

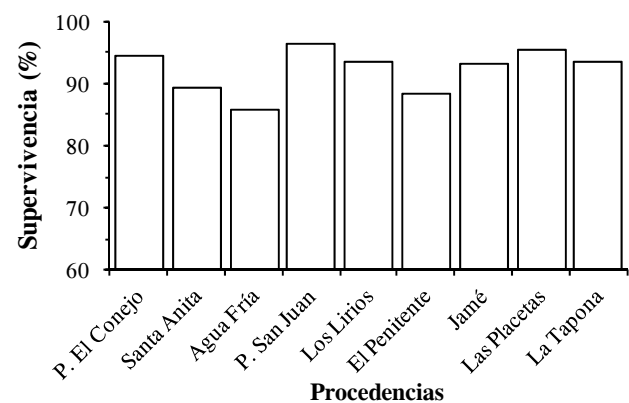


Figura 2. Supervivencia de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. con 4.5 años de plantadas en Galeana, Nuevo León.

Crecimiento de los árboles

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre procedencias en las diversas características de crecimiento de los árboles (altura total del árbol, diámetro a la base, altura a la primera rama y altura al punto más amplio de la copa), como se muestra en el Cuadro 2. Dado que es la primera evaluación después de haber sido plantados los árboles, es posible que estas diferencias se hayan presentado desde menor edad. Estas variables ayudan a distinguir las procedencias que tienen mayor o menor tasa de crecimiento inicial, como la procedencia de Agua Fría que tuvo los mayores promedios en altura, diámetro a la base del tallo y altura al punto más amplio de la copa, con 136.5, 3.9 y 64.3 cm respectivamente, en contraste con la procedencia de Puerto San Juan que tuvo los menores valores con 104.9, 3.3 y 54.2 cm, respectivamente. Estas diferencias entre procedencias manifiestan el grado de adaptabilidad de los árboles al sitio de plantación, lo que permite

suponer que las procedencias responden de diferente manera a un mismo patrón ambiental. Aunque el sitio de plantación se encuentra dentro del área de distribución natural de la especie, se han registrado diferencias entre procedencias en crecimiento y características de la copa, en respuesta a las condiciones de humedad, temperatura y suelo.

En altura y diámetro basal, Sámano *et al.* (2003) y Ornelas *et al.* (2001) reportaron valores menores de 85 y 2.3 cm respectivamente, en árboles de edades similares plantados en la Sierra de Arteaga, Coah. En dichos estudios estuvieron representadas la mayoría de las procedencias que fueron evaluadas en el Cerro del Potosí, lo que muestra que en ese sitio logran mayor crecimiento en edades juveniles.

Cuadro 2. Cuadrados medios y significancias para altura, diámetro y variables de la copa del árbol, en nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. plantadas en Galeana, Nuevo León.

Variables	Cuadrados Medios			
	Bloques (29) ⁺	Procedencias (8)	Bloq x Proc (231)	Error (651)
Altura	20954.2	7794.9*	3740.2	1537.9
Diámetro	1320.9	475.7*	220.2	102.8
Altura a la primer rama	177.3	316.8**	112.6	95.7
Altura al punto más amplio de la copa	3015.1	922.5*	495.5	240.3
Área de proyección de copa	1.47	0.98**	0.27	0.13
Área de intercepción lumínica	25.4	9.5***	5.1	1.93
Porcentaje de copa	338.1	350.4*	154.5	131.1

*, **, *** Significativo a 0.05, 0.01 y 0.10, respectivamente.

⁺ En paréntesis se presentan los grados de libertad correspondientes a cada fuente de variación.

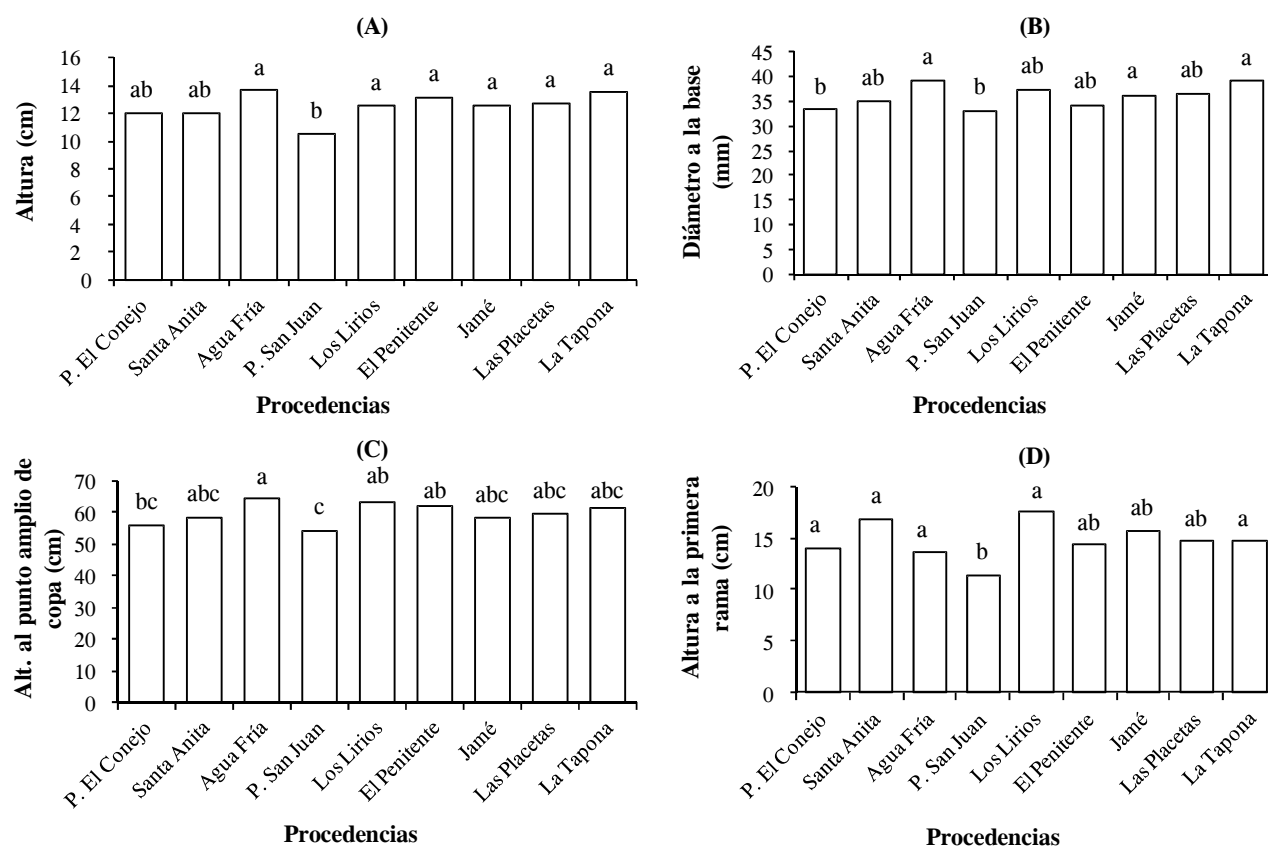


Figura 3. Valores promedio de (A) altura, (B) diámetro en la base del tallo, (C) altura al punto más amplio de la copa, y (D) altura a la primera rama, en nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. a 4.5 años de plantadas en Galeana, Nuevo León. Barras con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En características del tamaño y forma de la copa del árbol, la procedencia de Agua Fría presentó la mayor distancia del suelo al punto más amplio de la copa con 64.3 cm, con una diferencia de 10.1 cm con respecto a la procedencia Puerto San Juan que tuvo el menor valor. La característica que define la longitud de la copa de un árbol es la altura de la primera rama; en este caso las procedencias de Los Lirios y Santa Anita tuvieron una altura de 17.5 y 16.9 cm respectivamente, mientras que Puerto San Juan tuvo la primera rama a 11.4 cm (Figura 3).

Área de proyección de copa

Las procedencias de *P. greggii* también difirieron significativamente ($P \leq 0.01$) en el área de proyección de la copa. En promedio, cada árbol de Los Lirios cubrió 0.85 m² de terreno con su copa, mientras que los de Puerto San Juan sólo cubrieron 0.55 m² (Cuadro 3), lo que representa 35.3 % menos de cobertura por árbol. Esta diferencia en los primeros años de vida en referencia a la cobertura de suelo implica tiempo para recuperar la cobertura total de la vegetación. Las procedencias con mayor cobertura permitirían disminuir más pronto el problema de la erosión de suelo, además de aportar más residuos vegetales y favorecer el mejoramiento del suelo.

A esta edad el área de proyección de la copa sólo representa 14.8 % de la superficie del suelo plantada, en promedio. Destaca que las características de la copa se encuentren asociadas directamente con la velocidad de crecimiento de las procedencias, ya que las de mayor crecimiento fueron las mismas que mostraron la mayor cobertura de suelo. Aunque no fue evaluada la arquitectura de la copa, lo anterior indica que existe potencial para seleccionar procedencias que protejan mayor superficie de suelo desde los primeros años de plantación, con base fundamentalmente en la tasa de crecimiento de los árboles.

Valencia *et al.* (2006) encontraron que el diámetro de copa varió de 46.9 a 74.9 cm en árboles de *Pinus greggii* de 2.5 años de edad en Tlacotepec Plumas, y de 43 a 57.5 cm en Magdalena Zahuatlán, en la Mixteca Alta de Oaxaca. Hay poca información sobre las características de la copa en edades tempranas de esta especie. En el ensayo del cerro El Potosí, el diámetro de copa varió de 80 a 99 cm. La función de la copa de los árboles es exponer las hojas para capturar más eficientemente la energía radiante, fotosintetizar más y promover la formación de nuevas hojas (Sterck y Bungers, 2001). La copa del árbol también sirve para proteger el suelo de la precipitación y el viento, y así reducir la erosión del mismo.

Porcentaje de copa y área de intercepción lumínica de la copa

Hubo diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre procedencias de *P. greggii* en el porcentaje de copa y en el área de intercepción lumínica ($P \leq 0.10$) de la copa del árbol (Cuadro 2). Para el porcentaje de copa, los árboles de Agua Fría tuvieron 89.1 % de tallos con copa, mientras que los de Santa Anita tuvieron 82.4 % (Figura 4), diferencia que se atribuye a la distancia que hay de la primera rama de la copa al suelo. Puede ser que las procedencias que en ese momento presentaron mayor porcentaje de copa, después tengan una reducción significativa debido a la autopoda que presenta la especie en condiciones de competencia por luz y espacio.

Los árboles de Agua Fría presentaron la mayor área de intercepción lumínica promedio (3.0 m²) que superó a los de Puerto San Juan (1.9 m²) (Figura 4). Los árboles con mayor área de intercepción lumínica podrían tener mayor potencial de actividad fotosintética y, por tanto, mayor potencial de crecimiento. Schomaker *et al.* (1999) indicaron que la copa es uno de los principales componentes de la producción primaria en los árboles y sus dimensiones reflejan el vigor de los individuos. Cuando la finalidad de la plantación es dar protección al suelo, es de utilidad identificar las procedencias que desarrollan copas más amplias con mayor rapidez.

Cuadro 3. Promedios de área de proyección de copa (APC) por árbol y por procedencia en nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. con 4.5 años de plantadas en Galeana, Nuevo León.

Procedencia	APC promedio por árbol (m ²)	APC por procedencia (m ²)
Puerto El Conejo, N. L.	0.59 bc	61.4
Santa Anita, Coah.	0.69 abc	67.6
Agua Fría, N. L.	0.81 a	77.0
Puerto San Juan, Coah.	0.55 c	59.4
Los Lirios, Coah.	0.85 a	88.4
El Penitente, Coah.	0.74 ab	71.0
Jamé, Coah.	0.66 bc	68.0
Las Placetas, N. L.	0.68 abc	72.8
La Tapona, N. L.	0.69 abc	72.5
Total		638.1

Promedios seguidos de letras iguales no son significativamente diferentes (Tukey, 0.05).

Análisis de correlación

Al correlacionar las variables de crecimiento y tamaño de la copa de los árboles con los datos de origen de las procedencias, se encontró una correlación negativa ($P \leq 0.05$) entre el crecimiento en altura de los árboles y la altitud del sitio de origen ($r = -0.76^*$). Esto indica que los árboles con mayor altura en la plantación proceden de sitios más bajos; en este caso, los árboles con mayor altura promedio provinieron de La Tapona y Agua Fría, sitios que tenían la menor elevación entre las procedencias evaluadas.

Hubo una correlación positiva ($P \leq 0.01$) entre el crecimiento en altura de los árboles con el área de intercepción lumínica de la copa ($r = 0.94^{**}$), con el área de proyección de copa ($r = 0.86^{**}$) y con el porcentaje de copa del árbol ($r = 0.48^{**}$). Es decir, las procedencias con mayor área de proyección de copa, tuvieron árboles con mayor altura y mayor cantidad de área de intercepción lumínica; en consecuencia, los árboles presentaron un mayor porcentaje de copa.

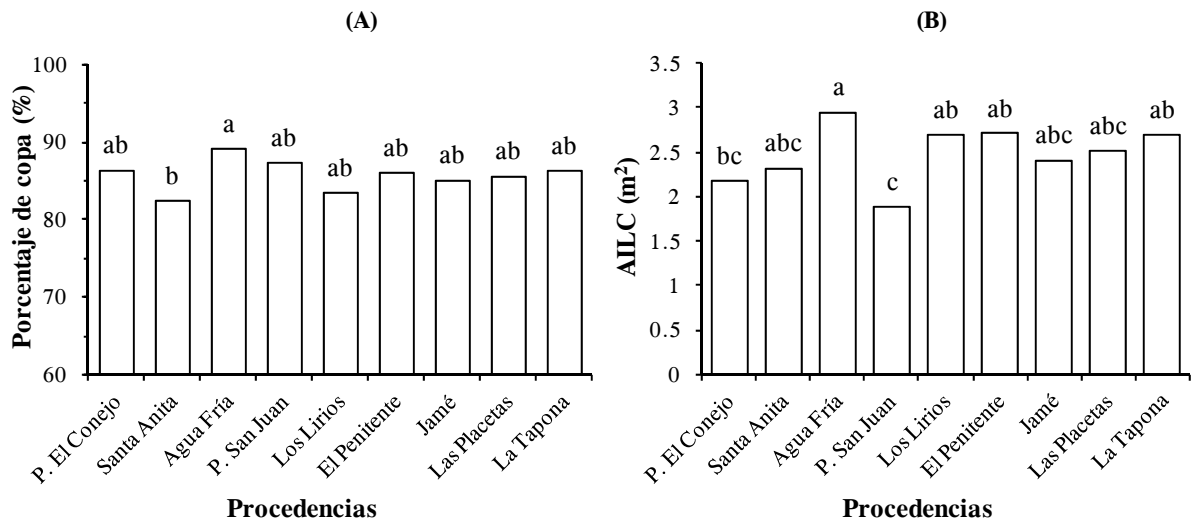


Figura 4. Valores promedio (A) del porcentaje de copa, y (B) del área de intercepción lumínica de la copa (AILC) en nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. de 4.5 años de haber sido de plantadas en Galeana, Nuevo León. Barras con letras iguales no son estadísticamente diferentes (Tukey, 0.05).

En un ensayo establecido en Brasil, Dvorak y Donahue (1993) observaron que plántulas de un año de edad de *P. greggii* de procedencias del centro de México eran 150 % más altas que las procedentes del norte de México (evaluaron seis procedencias de las utilizadas en este estudio); según estos autores la menor velocidad de crecimiento de las poblaciones del norte de México probablemente sea una adaptación a las condiciones adversas en que habitan (Cuadro 1). Sin embargo, *P. greggii* es considerado como una especie rústica y con buenas características para desarrollarse con cierta facilidad y crecer rápidamente en terrenos pobres (González, 1978; Perry, 1991).

CONCLUSIONES

Las nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm., diferieron significativamente en el crecimiento y características de la copa de los árboles, principalmente en altura, área de proyección de copa, área de intercepción lumínica y porcentaje de copa de los árboles. Las características de

la copa resultaron asociadas con la tasa de crecimiento de los árboles. Las procedencias que presentaron mayores ventajas para usarse en plantaciones de protección al suelo en la región sur de Nuevo León, fueron los de Los Lirios, Coahuila y Agua Fría, Nuevo León, porque sus árboles obtuvieron mayores valores a los 4.5 años de plantados.

Las procedencias que tienen árboles con mayor crecimiento en altura se encontraban a una menor elevación ($r = -0.76$); el resto de las variables no mostró un patrón definido. Hubo una correlación positiva del crecimiento en altura con el área de intercepción lumínica de la copa ($r = 0.94$), con el área de proyección de copa ($r = 0.86$) y con el porcentaje de copa del árbol ($r = 0.48$).

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo Mexicano para la Conservación de la Naturaleza, por aportar los recursos financieros para la colecta de semilla y el establecimiento de la plantación dentro del

proyecto de investigación “Diversidad genética, demografía y conservación de poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm”, proyecto dirigido por el Dr. J. Jesús Vargas Hernández, Profesor-investigador del Colegio de Postgraduados, a quien agradecemos su colaboración. También agradecemos ampliamente a tres revisores anónimos que permitieron mejorar el manuscrito.

BIBLIOGRAFÍA

- Aiba S, T Kohyama (1997) Crown architecture and life-history traits at 14 tree species in a warm temperate rain forest significance of spatial heterogeneity. *J. Ecol.* 85:611-624.
- Alba L J, L Mendizábal H, A Aparicio R (1998) Respuesta de un ensayo de procedencias/progenies de *Pinus greggii* Engelm. en Coatepec, Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 1:25-28.
- Brunner A (1998) A light model for spatially explicit forest stand models. *For. Ecol. Manage.* 147:19-46.
- Cornelius J (1998) Introducción al mejoramiento genético forestal. *In: Selección y Manejo de Fustes de Semilleras en América Central y República Dominicana*. L F Jara (comp). CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp:9-22.
- Doruska D F, H E Burkhart (1994) Modeling the diameter and locational distribution of branches within the crowns of loblolly pine trees in thinned plantations. *Can. J. For. Res.* 24:2362-2376.
- Dvorak W S, J K Donahue (1993) Reseña de investigaciones de la cooperativa CAMCORE 1980-1992. CAMCORE. North Carolina State. Univ. Raleigh. EUA. pp:26-28.
- Dvorak W S, J E Kietzka, J K Donahue (1996) Three-year survival and growth of provenances of *Pinus greggii* in the tropics and subtropics. *For. Ecol. Manage.* 83:123-131.
- Dvorak W S, J E Kietzka, J K Donahue, G R Hodge, T K Stanger (2000) *Pinus greggii*. *In: Conservation & Testing of Tropical & Subtropical Forest Tree Species by the CAMCORE Cooperative*. College of Natural Resources, NCSU. Raleigh. NC. USA. pp:52-73.
- García E (1988) Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. 4a ed. México, D. F. 219 p.
- González V C E (1978) Breve análisis de la investigación sobre plantaciones forestales de la Dirección General de Investigación y Capacitación Forestal. INIFAP. Publicación Especial No. 13. pp:83-87.
- Jiménez J, H Kramer, O Aguirre (2002) Bestandesuntersuchungen in einem ungleichaltrigen Tannen-, Douglasien-, Kiefern-Naturbestand Nordostmexikos. *Allgemeine Forst und Jagdzeitung* 173:47-55.
- López A J L, J J Vargas H, C Ramírez H, J López U (1999) Variación intraespecífica en el patrón de crecimiento del brote terminal de *Pinus greggii* Engelm. *Rev. Chapingo S. C. For. Amb.* 5:133-140.
- López U J, A J Mendoza H, J Jasso M, J J Vargas H, A Gómez G (2000) Variación morfológica de plántulas e influencia del pH del agua de riego en doce poblaciones de *Pinus greggii* Engelm. *Madera y Bosques* 6:81-94.
- López U J, C Ramírez H, O Plascencia E, J Jasso M (2004) Variación en crecimiento de diferentes poblaciones de las dos variedades de *Pinus greggii*. *Agrociencia* 38:457-464.
- Martínez M (1992) Los Pinos Mexicanos. 3a ed. Botas, México, D. F. 368 p.
- Órnelas H G, E Aldrete M, E H Cornejo O (2001) Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el Campo Agrícola Experimental Sierra de Arteaga. *Foresta-AN. Nota Técnica* No. 6 UAAAN. Saltillo, Coah. 12 p.
- Perry J P Jr (1991) *The Pines of Mexico and Central America*. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.
- Quijada R M (1980) Ensayo de progenie *In: FAO, Mejora Genética de Árboles Forestales*. Estudio FAO: Montes No. 20. Mérida, Venezuela. pp:224-230.
- Sámamo D J L, L M Torres E, A Cano P, E Aldrete M, E H Cornejo O (2003) Supervivencia y crecimiento de cinco especies de pino bajo tratamientos a la vegetación en Arteaga, Coahuila. *Agrofaz* 3:407-413.
- Schomaker M, S Zanoach, K Stolte (1999) Tree crown condition indicator. USDA. Forest Service. Forest Health Monitoring Fact Sheet. 4 p.
- Sterk F J (1999) Crown development in tropical rain forest trees in gaps and under story. *Plant Ecol.* 143:89-98.
- Sterk F J, F Bongers (2001) Crown development in tropical rain forest trees: patterns with tree height and light availability. *J. Ecol.* 89:1-13.
- Tang Z, J L Chambers, S Duddanti, S Yu, J P Barnett (1999) Seasonal shoot and needle growth of loblolly pine responds to thinning, fertilization and crown position. *For. Ecol. Manage.* 120:117-130.
- Valencia M S, M V Velasco G, M Gómez C, M Ruiz M, M A Capó A (2006) Ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca Alta de Oaxaca, México. *Rev. Fitotec. Mex.* 29:27-32.
- Vargas H J J, A Muñoz O (1988) Resistencia a sequía II. Crecimiento y supervivencia en plántulas de cuatro especies de *Pinus*. *Agrociencia* 72:197-208.
- Zobel B, J Talbert (1988) *Técnicas de Mejoramiento de Árboles Forestales*. 1a ed. LIMUSA, México. 545 p.