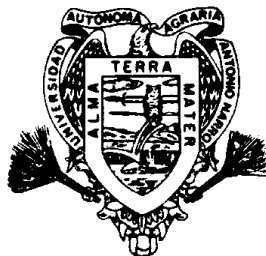


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Crecimiento y características de la copa de nueve
procedencias de *Pinus greggii* Engelm., en el Ejido
18 de Marzo, Galeana, N. L.**

Por:

ANDRÉS REYNOSO PÉREZ

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO FORESTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Septiembre, 2006

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL**

**Crecimiento y características de la copa de nueve
procedencias de *Pinus greggii* Engelm., en el Ejido
18 de Marzo, Galeana, N. L.**

Por:

ANDRÉS REYNOSO PÉREZ

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO FORESTAL

APROBADA

**Dr. Miguel A. Capó Arteaga
Asesor principal**

**M en C. Arnoldo Oyervides García
Coordinador de la División de Agronomía**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Septiembre, 2006

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO FORESTAL

**Crecimiento y características de la copa de nueve
procedencias de *Pinus greggii* Engelm., en el Ejido
18 de Marzo, Galeana, N. L.**

Por:

ANDRÉS REYNOSO PÉREZ

T E S I S

**Que se somete a consideración del H. Comité de Tesis
como requisito parcial para obtener el título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO FORESTAL

APROBADA

Dr. Miguel A. Capó Arteaga
Asesor principal

M. en C. Salvador Valencia Manzo
Asesor

M. en C. Rodrigo Rodríguez Laguna
Asesor

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Septiembre, 2006

DEDICATORIA

A DIOS

Por haberme dado la vida y la satisfacción de alcanzar metas en este camino.

A MIS PADRES

Fidel y Dolores

Con profundo amor y respeto, por el amor, cariño, buenos consejos y ejemplo que me han brindado siempre y por su incansable lucha por transmitir siempre lo mejor; es logro de ustedes.

A MIS HERMANOS

†
Rosa, María, Silvia, Carmen, Fidel, Dolores, José, Laura, Defe y Susana

Por su cariño y apoyo que siempre me han brindado y ser los mejores.

A MIS CUÑADOS

Enrique, Aurelio, Juan, Francisco, Marcial y mi comadre Alejandrina

Por su apoyo y consejos para concluir la carrera y apoyar a la familia en todo momento de forma incondicional.

A MI ESPOSA E HIJOS

Lina, Beida Abigail y Andrés Eliacim

Con un gran amor para ustedes, por su cariño y respeto, que siempre hemos compartido.

A MIS PRIMOS Y SOBRINOS

Por su cariño y estimación.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y en especial al Departamento Forestal por brindare la oportunidad de llevar a cabo mi formación profesional.

Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga, por sus enseñanzas durante la carrera y por sus valiosos consejos y sugerencias para el desarrollo del presente trabajo.

Al M. en C. Rodrigo Rodríguez Laguna por ser un gran amigo de siempre y por todo el apoyo incondicional y esfuerzo para dar seguimiento al presente trabajo.

Al M. en C Salvador Valencia Manzo por su gran apoyo y sugerencias recibidas para concluir esta tesis.

Al Dr. Eladio H. Cornejo Oviedo, por su amistad consejos y enseñanzas para mi formación profesional.

A todos los maestros que contribuyeron con sus experiencias y conocimientos para mi formación profesional.

A mis compañeros y amigos Rodrigo, Oscar, Roberto y Enrique por todos los buenos momentos durante mi estancia en la UAAAN.

A la familia Corpus Vargas propietarios del terreno donde se ubica la plantación por su apoyo para la obtención de la información de campo del presente trabajo.

Al Ing. Raúl García de la Cadena, con gran aprecio por su confianza y apoyo desde el momento en que me integro a su equipo de trabajo y su incondicional enseñanza y consejos para mi desarrollo profesional.

Agradezco 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." Dirigido por el Dr. J. Jesús Vargas Hernández, Profesor-investigador del Colegio de Postgraduados, el cual agradecemos su colaboración.

CONTENIDO

| | Página |
|--|---------------|
| ÍNDICE DE CUADROS | ii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | iii |
| RESUMEN | iv |
| ABSTRACT | v |
| | |
| 1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| | |
| 2 MATERIALES Y MÉTODOS | 4 |
| 2.1 Origen del germoplasma y origen de la plantación | 4 |
| 2.2 Condiciones del terreno de la plantación | 5 |
| 2.3 Diseño experimental | 6 |
| 2.4 Análisis estadístico de los datos | 6 |
| 2.5 Características evaluadas | 7 |
| | |
| 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 9 |
| 3.1 Supervivencia | 9 |
| 3.2 Crecimiento de los árboles | 10 |
| 3.3 Área de proyección de copa sobre el suelo y área de intercepción lumínica | 14 |
| 3.4 Diámetro de la copa y porcentaje de la copa | 16 |
| 3.5 Análisis de correlación | 17 |
| | |
| 4 CONCLUSIONES | 18 |
| | |
| 5 LITERATURA CITADA | 19 |
| | |
| 6 APÉNDICES | 23 |

ÍNDICE DE CUADROS

Página

- Cuadro 1.** Localización geográfica y precipitación de nueve poblaciones naturales de *Pinus greggii* Engelm. del norte de México; evaluadas en un ensayo en el Ejido 18 de Marzo Galeana, Nuevo León. 5
- Cuadro 2.** Valores que aporta cada procedencia (m^2 y %) en la cobertura del suelo por las copas de los árboles en nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. de 4.5 años de edad en campo. 15

ÍNDICE DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| Figura 1. Variables evaluadas en cada árbol, en un ensayo de procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. establecido en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L. | 8 |
| Figura 2. Supervivencia promedio de nueve procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. a 4.5 años de plantados en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L. | 11 |
| Figura 3. Valores promedio en altura, diámetro a la base, altura al punto mas amplio de la copa y altura a la primera rama en procedencias de <i>Pinus greggii</i> Engelm. | 13 |
| Figura 4. Valores promedio del diámetro de copa y porcentaje de copa en nueve procedencias <i>Pinus greggii</i> Engelm. con 4.5 años de plantados. | 16 |

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar el crecimiento y características de la copa en árboles de nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. con 4.5 años de plantados en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L. Se registró la altura y el diámetro a la base, el área de proyección de copa sobre el suelo, el área de intercepción lumínica de la copa y el porcentaje de copa del árbol. Se realizaron análisis de varianza y análisis de componentes de varianza. Cuando se presentaron diferencias entre procedencias se procedió a realizar la prueba Tukey de separación de medias. Asimismo, se realizaron análisis de correlación entre las propias variables evaluadas y los datos de origen de las procedencias. Se obtuvo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre procedencias, en la altura, diámetro a la base, área de intercepción lumínica en la copa, área de proyección de copa sobre el suelo y en el porcentaje de copa. Las procedencias aportaron el 7.5% de la variación total en el área de proyección de copa sobre el suelo, este valor disminuyó para el porcentaje de copa y el área de intercepción lumínica con 4.4 y 2.7% respectivamente. No se encontró un patrón definido en las variables evaluadas con los datos de origen de las procedencias excepto entre la altitud y el crecimiento en altura ($r = -0.76^*$). Además se encontró que el crecimiento de los árboles se correlacionó positivamente con el área de intercepción lumínica de la copa ($r = 0.94^{**}$).

Palabras clave: *Pinus greggii* Engelm., ensayo de procedencias, cobertura de copas, protección al suelo, plantaciones.

ABSTRACT

The aim of this work was to evaluate the growth and crown characteristics in trees of a provenance test of *Pinus greggii* Engelm. 4,5 years after plantation in the common 18 de Marzo, Galeana, N. L. México. Additionally, to select provenances with the higher ground coverage by the trees' crown. The amount of variation was evaluated in height's growth in and diameter at ground level, in the area of projection of crown to the ground, in the area of light interception of the crown and the percentage of crown to the bole. Besides, the correlation was evaluated between the data of sites of the provenances with the measured variables. significant differences ($P \leq 0.05$) among provenances were obtained in the height, diameter at ground level, area of light interception in the crown, area of projection of crown on the floor and in the percentage of the crown. The provenances contributed the 7.5% of the total variation in the area of ground projection of crown on the floor, this value lowered for the percentage of crown and the area of interception luminance with 4.4 and 2.7% respectively. In the height and the basal diameter, the provenances contributed with 3.5 and 4.0% of the variation total respectively. There was not a correlation pattern defined between the variables evaluated with the data of the sites of the provenances except between the altitude and the height growth ($r = -0.76^*$). Also it was found that the growth of the trees was correlated positively with the area of light interception of the crown ($r = 0.94^{**}$).

Key words: *Pinus greggii* Engelm., test of provenances, cover of crowns, protection to the ground, plantations.

1 INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas forestales son afectados por diversos factores; los principales factores que inciden en su degradación y deforestación son los desmontes con un 94%, incendios forestales con el 2.1%, el cambio de uso del suelo con autorización con el 1.3%, las talas clandestinas con el 1.0%, plagas y enfermedades forestales con el 0.5% y otros con el 1.0% (SEMARNAT, 2000). A lo anterior hay que añadir la acción del hombre en los riesgos de degradación debido a los efectos de las perturbaciones asociadas con el manejo intensivo que se hacen en los suelos sin un conocimiento adecuado de su dinámica, llevando consigo un deterioro acelerado del ecosistema (González *et al.*, 1990).

Los ensayos de procedencias por especie es el procedimiento experimental más empleado para comparar la respuesta y la productividad de 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 e incluir un intervalo amplio de la distribución natural de la especie de interés, con el objeto de tener una idea de 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 en la productividad de los árboles (Zobel y Talbert, 1988).

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, 1948). La especie se considera muy rústica y que posee buenas características para desarrollarse con cierta facilidad sobre terrenos pobres (González, 1978); posee la habilidad de crecer rápidamente y ha sido reportada como tolerante tanto a la sequía como al ataque de algunas plagas (Saldívar, 1982; Vargas, 1985). Por lo que es muy utilizada con fines de protección o recuperación de áreas degradadas (Plancarte, 1988). Dado que, la capacidad de protección o recuperación de un suelo depende de la velocidad con que se logre la cobertura del suelo por parte de los árboles; al aumentar la cobertura de copa se reduce el impacto de la lluvia y de otros agentes erosivos sobre el suelo, se aumenta captación de energía y la productividad primaria, así como la aportación de materia orgánica al suelo, ayudando a formar un microclima propicio para los agentes bióticos que incorporan la materia orgánica al suelo, dejándola en condiciones para ser utilizada nuevamente por las plantas.

Asimismo, la copa es uno de los componentes de la producción primaria, y sus dimensiones reflejan la salud del individuo, de modo que, las copas densas y largas, están asociadas con un crecimiento vigoroso, las copas de bajo desarrollo y poco densas, se refieren a sitios con condiciones desfavorables por la competencia, estrés por humedad o la influencia de la defoliación por insectos, y enfermedades de las hojas, entre otros (Schomaker *et al.*, 1999).

A esta especie se le han estudiado variables como la altura, diámetro del tallo, número de verticilos (Rodríguez, 1990; Novelo, 1994; Ruíz, 1995; Hernández, 2005),

se han hecho pruebas con distintas concentraciones de fertilizante (Saldivar, 1982; García, 1990; Quiñones, 1995), con distintos envases en la etapa de vivero (Rodríguez-García, 1993), se ha visto el efecto en peso total de la planta y por componentes en diferentes sistemas de producción (Cano, 1998), se han hecho comparaciones con distintos niveles de poda en la raíz y en la copa por separado, en etapa de vivero todo lo anterior con la finalidad de mantener la supervivencia y el desarrollo en campo (Cetina, 1997). Sin embargo, hay poca información referente al diámetro de la copa de los árboles (es el área de proyección de copa sobre el suelo), en el área de intercepción lumínica de la copa, por ello la relevancia de este trabajo, para determinar la superficie de suelo protegida por la copas de los árboles, además de colaborar en reducir el impacto de las gotas de lluvia en el suelo, ayudando a disminuir la erosión del suelo por el agua y otros factores físicos.

En el sur de Nuevo León se presentan condiciones secas, con una precipitación entre los 400 a 750 milímetros anuales. Las heladas son frecuentes de diciembre a febrero con una temperatura media anual en el área de distribución del *P. greggii* de 16.8 °C, con extremas máximas de 45 °C y mínimas de -9 °C (Musálem y Martínez, 2003). Bajo dichas condiciones se encuentra un ensayo de nueve procedencias del norte de México de *P. greggii* Engelm. con 4.5 años de plantado en el cerro El Potosí en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, Nuevo León, en el cual se planteo como objetivo determinar el nivel de variación en el crecimiento y características de la copa en los árboles de las procedencias. Además, de determinar si existe un patrón en las variables evaluadas con el origen geográfico de las procedencias.

2 MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Origen del germoplasma y ubicación de la plantación

El trabajo se realizó en una plantación de *P. greggii* con 4.5 años de edad en campo, en donde se evalúa germoplasma de nueve poblaciones naturales de los estados de Coahuila y Nuevo León (Cuadro 1). Los lotes de semilla de las nueve procedencias se colectaron en el año de 1997 y se sembraron en noviembre de 1998, dentro de un invernadero en las instalaciones de la especialidad Forestal del Colegio de Postgraduados. Se usaron envases individuales de plástico negro de 125 ml de capacidad. La mezcla de sustrato utilizada fue de 60% de peat moss, 30% de vermiculita, 10% de agrolita y 4 kilogramos de Osmocote 17-17-17 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 sacaron a platabandas con malla sombra al 50%.

La plantación se estableció en septiembre de 1999 en una parcela del Ejido 18 de Marzo, Galeana, Nuevo León (24° 53' N, 100° 12' O, 2209 msnm). La precipitación media anual es de 401.1 mm y la temperatura media anual es de 18.2 °C, el clima es seco semi-cálido, invierno fresco, muy extremoso, con lluvias de verano y precipitación invernal no muy significativa, los meses más lluviosos en la región son agosto y septiembre (García, 1988).

Cuadro 1. Localización geográfica y precipitación de nueve poblaciones naturales de *P. greggii* Engelm. del norte de México, evaluadas en un ensayo en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L.

| 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 Fría, 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 Taponá, N. L. | 24° 43' | 100° 06' | 2130 | 650 |

2.2 Condiciones del terreno de la plantación

La plantación se estableció en un terreno agrícola abandonado, con una pendiente promedio de 19%, en exposición noreste. Debido al uso agrícola anterior, el suelo presentaba un nivel de erosión moderado. Se hicieron cepas de 30x30x30 cm. estableciendo la planta en el centro de la cepa y formando un cajete. La textura del suelo en la capa superficial es limo-arcillosa.

2.3 Diseño experimental

Con la finalidad de controlar el componente ambiental, especialmente las condiciones de suelo y de pendiente, en el ensayo se utilizó un diseño de bloques completos al azar. Con la intención, de que el uso de bloques permite el control de la variabilidad local, exponiendo a las procedencias a condiciones de sitios más o menos homogéneos, y poder estimar las partes genéticas y ambientales del fenotipo (Quijada, 1980). La plantación tiene 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 2x2 metros para generar una densidad de 2500 plantas por hectárea.

2.4 Análisis estadístico de los datos

El análisis de los datos se efectuó con el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 8.0, utilizando el procedimiento GLM (General Linear Models) para el análisis de varianza de la supervivencia, y de las características de crecimiento y de la copa de los árboles con los valores promedio por parcela. En el caso de la 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. Con los resultados del análisis de varianza se estimó la contribución de las procedencias a la varianza total observada en cada variable, a partir de la estructura de la esperanza de los cuadrados medios del modelo estadístico para cada caso. Además, para las variables que presentaron diferencias estadísticas con $P \leq 0.05$ en el análisis de

varianza se realizó la prueba Tukey de comparación de medias. 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. Además, se estimó la relación entre las características de la copa con el crecimiento en altura de los árboles.

2.5 Características evaluadas

Se evaluó el porcentaje de supervivencia en cada parcela. Así como la altura total, la altura a la primera rama viva de la copa, la altura al punto más amplio de la copa y el diámetro de la copa en las direcciones norte-sur y este-oeste.

Con los datos de campo se procedió a calcular otras características de la copa de los árboles, como son el área de proyección de copa sobre el suelo (APCS), el área de intercepción lumínica (AILC) y el porcentaje de copa (PC). El APCS se estimó como la proyección horizontal de la copa del árbol en el suelo, y se utilizó como una medida de densidad de la plantación (Figura 1), y se expresa de la manera siguiente:

$$APCS = \frac{\pi}{4} * DPC^2$$

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

El AILC se conoce como la región fotosintética más activa de la copa en donde se absorbe la radiación lumínica y comprende la superficie lateral de la copa eliminando la superficie de sombra de la copa, se expresa en metros cuadrados (Figura 1):

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

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) expresado en porcentaje o como una fracción (Figura 1). Para determinar el porcentaje de copa se utilizó la ecuación de Jiménez *et al.* (2002) (citado por Pérez, 2004).

$$PC = \frac{LC}{Ht} \times 100$$

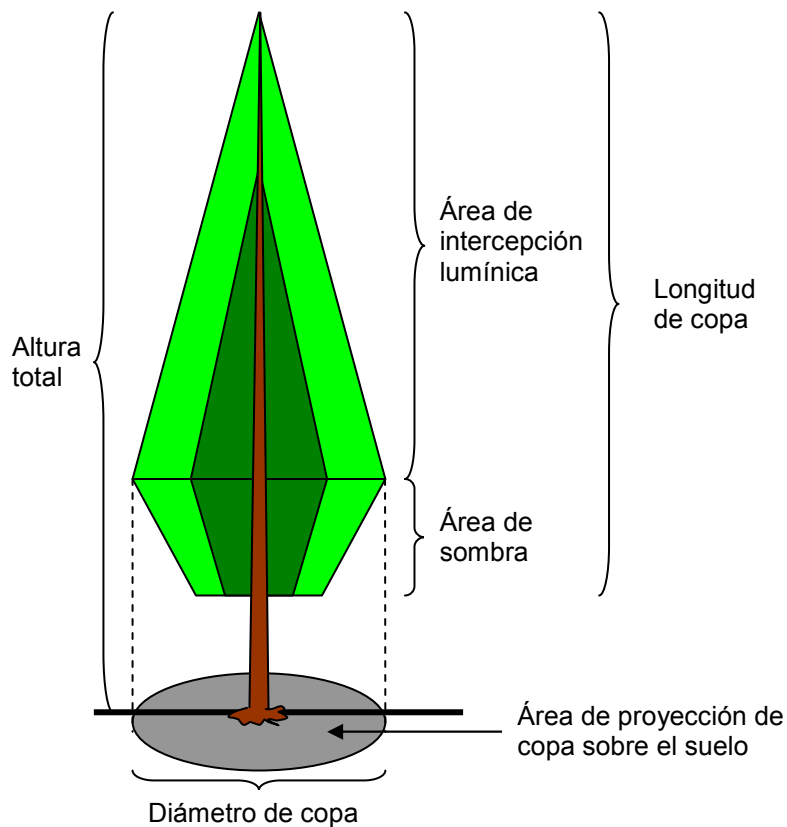


Figura 1. Variables evaluadas en un ensayo de procedencias de *P. greggii* Engelm. establecido en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L.

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Supervivencia

El análisis de varianza mostró que el ensayo de 4.5 años de edad en campo, no presenta diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre procedencias en la supervivencia de las plantas. El ensayo tiene un promedio general de 92.7% de supervivencia, con valores promedio extremos para Puerto San Juan de 96.4% hasta 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-Ayala *et al.*, 1999; López-Upton *et al.*, 2000; Ornelas, 2001; Velasco, 2001; López-Upton *et al.*, 2004; Contreras, 2005; Hernández, 2005), lo que muestra la plasticidad de la especie en el centro y norte del país. Zobel y Talbert (1988) señalan que las variables de adaptación, como lo es la supervivencia, tiene un fuerte efecto de procedencia u origen geográfico, lo cual no se refleja en el presente estudio ni en los otros estudios señalados anteriormente. Es posible que el grupo de procedencias de *P. greggii* en el norte del país, han evolucionado de manera semejante, al estar expuestas principalmente a condiciones ambientales restrictivas.

Un grupo de seis procedencias se encuentran con promedios superiores al 93% de supervivencia (Puerto San Juan, Las Placetas, Puerto El Conejo, Los Lirios, La Tapota, Jamé) como se muestra en la Figura 2. El valor promedio en otros estudios

con la misma especie señalan también buenos resultados, por ejemplo, un ensayo realizado en Coatepec, Veracruz, reporta a la edad de dos años un promedio de 91.7% (Alba *et al.*, 1998); otro ensayo reporta un 87.1% de supervivencia bajo condiciones de invernadero de 16 meses de edad en Montecillos, estado de México (López-Upton *et al.*, 2000); en Patoltecoya, Puebla, reporta un promedio de 75% a dos años siete meses (López-Ayala *et al.*, 1999) y 60% en el mismo ensayo a los seis años de edad (López-Upton *et al.*, 2004); Para un ensayo de procedencias en el CAESA, Arteaga, Coahuila, se reporta un 68.6% a los cinco años con siete meses (Ornelas, 2001) y el mismo ensayo a los 12.5 años de edad se redujo hasta el 39.8% la supervivencia. Con resultados menos satisfactorios se tiene a un ensayo de especies que se realizó en Nuevo León con 55 y 48% a los 5 y 9 años de edad respectivamente (Domínguez *et al.*, 2001).

3.2 Crecimiento de los árboles

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre las procedencias en las 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) (Apéndice 1). Dado que es la primera evaluación después de plantados los árboles, es posible que estas diferencias se hayan presentado con anterioridad, este grupo de variables ayuda a visualizar las procedencias que tienen mayor tasa de crecimiento inicial, siendo el caso de la procedencia de Agua Fría con el mayor promedio en altura, diámetro a la base del tallo y en la altura al punto más amplio de la copa con 136.5, 3.9 y 64.3 cm respectivamente. Los componentes de varianza en la altura muestran

que el 3.5% de la variación total se debe a las procedencias; aumentando este valor (4.0%) para el diámetro a la base del árbol.

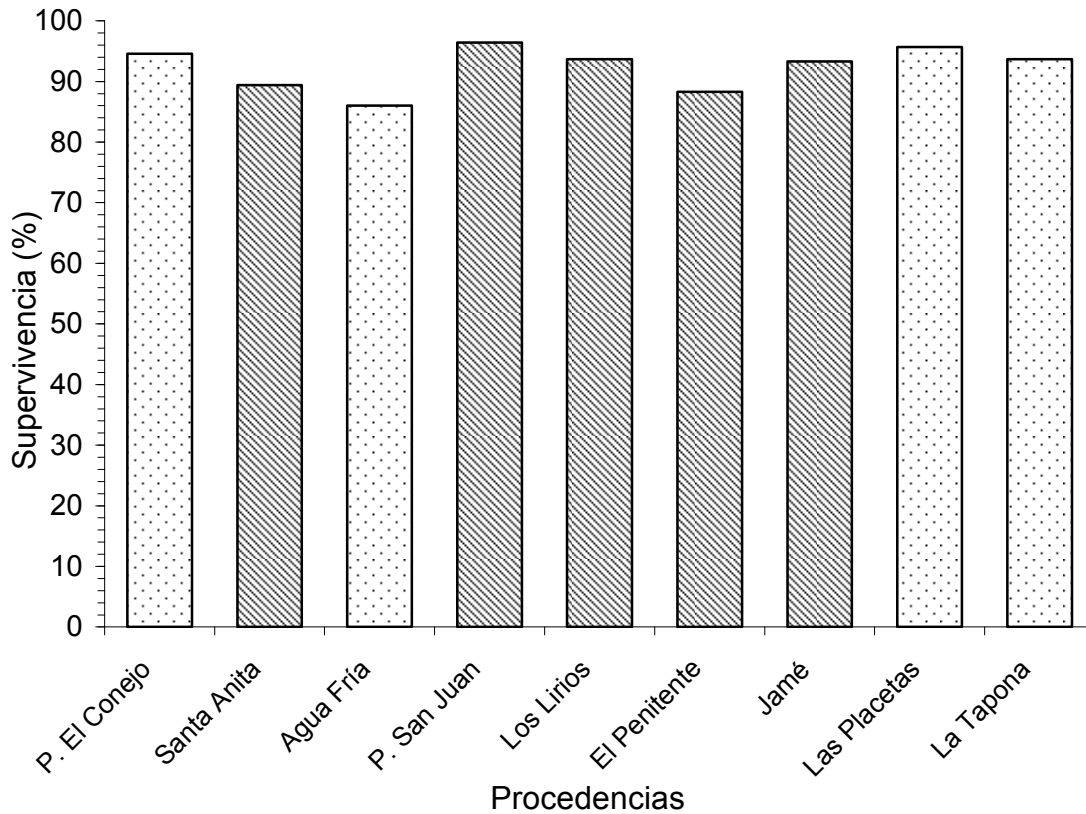


Figura 2. Supervivencia promedio de nueve procedencias de *P. greggii* a 4.5 años de plantados en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L.

El hecho de encontrar diferencias entre procedencias en un grupo de variables que manifiestan el grado de adaptabilidad de los árboles de cada procedencia al sitio de plantación, permite mencionar que las procedencias responden de diferente manera a un mismo patrón ambiental. Aunque se establecieron dentro de su distribución natural, se han presentado efectos diferentes para cada procedencia en el crecimiento y características de la copa, por las limitaciones de humedad, temperatura, suelo y el efecto genotipo-ambiente. Efectos similares en las plantas

presenta López-Upton *et al.*, (2004) en Patoltecoya, Puebla, en un ensayo de seis años de edad.

Las procedencias de Agua Fría y La Tapona presentaron la mayor altura promedio (136.5 y 135.0 cm respectivamente), mientras que Puerto San Juan tiene el menor valor promedio con 104.9 cm (Figura 3). Para la variable diámetro a la base se obtuvieron resultados similares en las procedencias, teniendo que el mayor valor promedio lo presenta Agua Fría con 39.2 mm, en el extremo inferior se encuentra Puerto San Juan con 33.0 mm. Existen estudios sobre *P. greggii* que han reportado valores significativos en la variable altura, pero no significativos para el diámetro (López-Upton *et al.*, 2000; Ornelas, 2001; López-Upton *et al.*, 2004), otros estudios encontraron para la misma especie diferencias significativas en las dos variables (López-Ayala *et al.*, 1999; Velasco, 2001; Contreras, 2005).

El factor procedencia aportó el 5.2% de la variación total para la altura a la primer rama de la copa del árbol, asimismo, el 2.9% de la variación total en la altura al punto más amplio de la copa se debe a las procedencias. Un estudio realizado por López-Ayala *et al.*, (1999) en el centro del país, encontró que las procedencias aportaron el 20.9% de la variación total en la altura de las plantas, utilizando procedencias del norte y centro del país. En las características que describen el tamaño y la forma de la copa del árbol tenemos que la procedencia de Agua Fría presenta el mayor promedio en distancia del suelo al punto más amplio de la copa con 64.3 cm quedando una diferencia de 10.1 cm con respecto a la procedencia Puerto San Juan, que tuvo el valor mínimo. La característica que define la longitud de la copa de un

árbol, es la altura de la primer rama de la copa del árbol, en este caso las procedencias de Los Lirios y Santa Anita tienen en promedio 17.5 y 16.9 cm respectivamente. Puerto San Juan tiene la primer rama de la copa casi a ras de suelo con un valor de 11.4 cm (Figura 3). Es posible que esta última procedencia por tener menor tamaño de árboles presente su primera rama casi a ras de suelo, formando un microclima en el suelo y ayudando a mantener humedad por mayor tiempo en la base del tallo.

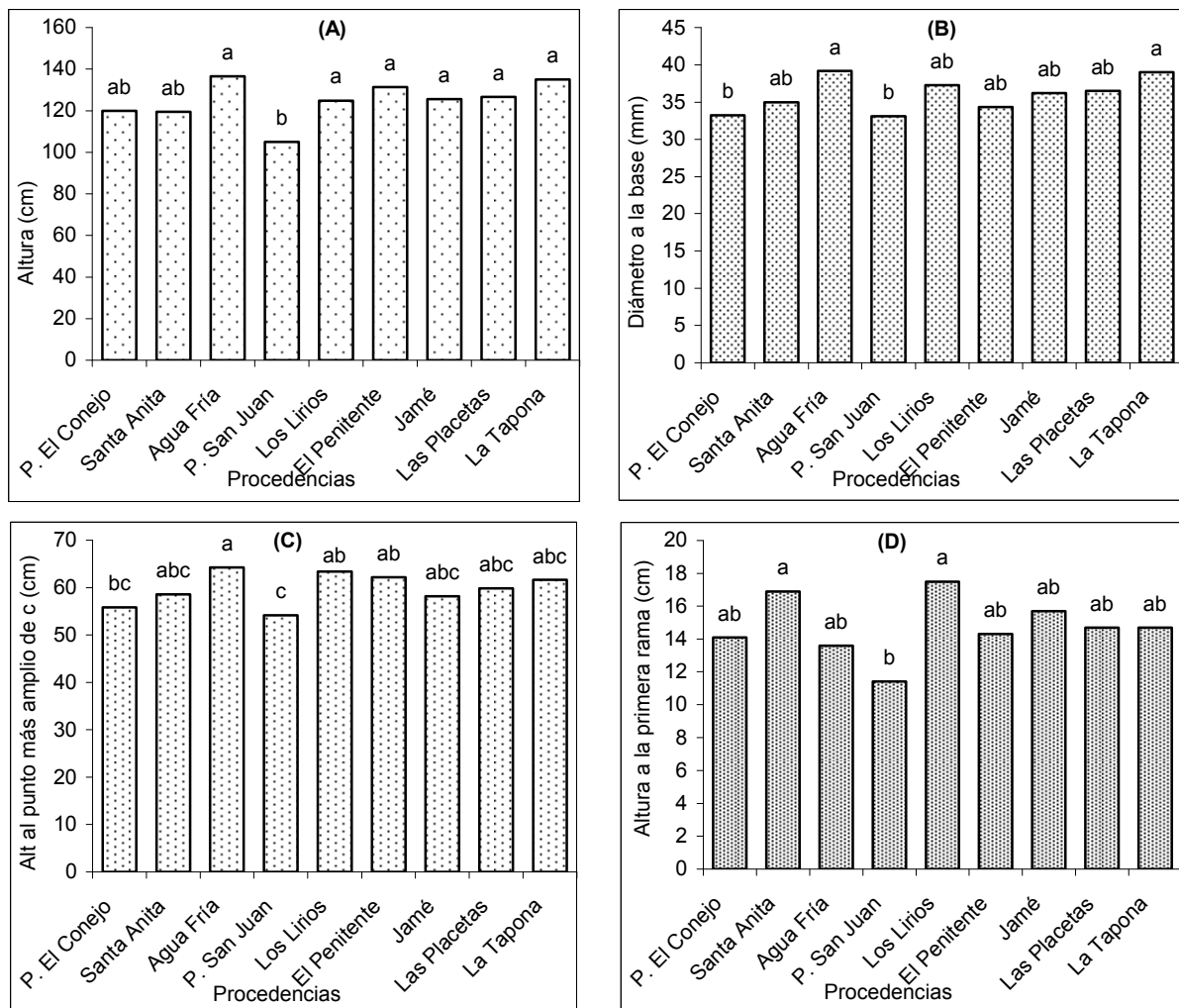


Figura 3. Valores promedio en (A) altura; (B) diámetro a la base; (C) altura al punto más amplio de la copa y (D) altura a la primera rama en procedencias de *P. greggii*.

3.3 Área de proyección de copa sobre el suelo y área de intercepción lumínica

Las procedencias de *P. greggii* difieren significativamente ($P \leq 0.01$) en el área de proyección de copa sobre el suelo y el área de intercepción lumínica de la copa del árbol ($P \leq 0.10$) (Apéndice 2). El 7.5% de la variación total en la cobertura de copa y el 2.7% de la variación del área de intercepción lumínica de la copa se debe a las procedencias, mientras que más del 90% de la variación se encuentra dentro de las parcelas chicas (error de muestreo) en ambos casos. Lo anterior indica que existe una amplia variación en la cobertura de la copa sobre el suelo a nivel de individuos dentro de las procedencias, lo cual es de gran interés en la selección de material en un programa de mejoramiento genético con la finalidad de protección al suelo.

En la plantación cada árbol de la procedencia de Los Lirios cubren en promedio 0.85 m^2 de suelo con su copa, mientras que los árboles de Puerto San Juan sólo cubren 0.55 m^2 en promedio (Cuadro 2), lo que representa un 35.2% menos de superficie. Los árboles de Agua Fría presentaron la mayor área de intercepción lumínica promedio con 3.0 m^2 , mientras que los árboles de Puerto San Juan solo tiene un área de intercepción lumínica promedio de 1.9 m^2 .

Los árboles que tienen mayor área de intercepción lumínica poseen un mayor potencial de actividad fotosintética y por lo tanto mayor crecimiento. Schomaker *et al.*, (1999) menciona 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, por lo que es claro que existen amplias diferencias entre las procedencias en estas características relacionadas con la productividad. Así mismo, cuando la

finalidad de la plantación es dar protección al suelo, es de gran utilidad identificar las procedencias que desarrollan copas más amplias con mayor rapidez.

La plantación tiene 4,320 m² de superficie, la copa de los árboles en conjunto de todas las procedencias a los 4.5 años de edad en campo han cubierto el 14.8% de suelo en la plantación.

Cuadro 2. Valores que aporta cada procedencia (m² y %) en la cobertura de suelo en un ensayo de procedencias de *P. greggii* Engelm. con 4.5 años de plantado.

| Procedencia | Área de proyección de copa promedio por árbol sobre el suelo (m ²) | Área de proyección de copa por procedencia sobre el suelo (m ²) | Área de proyección de copa total sobre el suelo (%) |
|-------------------------|--|---|---|
| Jamé, Coah. | 0.66 bc | 68.0 | 10.7 |
| Los Lirios, Coah. | 0.85 a | 88.4 | 13.9 |
| Puerto San Juan, Coah. | 0.55 c | 59.4 | 9.3 |
| Santa Anita, Coah. | 0.69 abc | 67.6 | 10.6 |
| El Penitente, Coah. | 0.74 ab | 71.0 | 11.1 |
| Agua Fría, N. L. | 0.81 a | 77.0 | 12.1 |
| Puerto El Conejo, N. L. | 0.59 bc | 61.4 | 9.6 |
| Las Placetetas, N. L. | 0.68 abc | 72.8 | 11.4 |
| La Taponá, N. L. | 0.69 abc | 72.5 | 11.4 |
| Total | | 638.1 m² | 100 % |

3.4 Diámetro de la copa y porcentaje de la copa

El análisis de varianza muestra diferencias significativas ($P \leq 0.01$) entre las procedencias de *P. greggii* en el diámetro y porcentaje de copa de los árboles (Apéndice 3). Los componentes de varianza muestran que el 7.5% de la variación total en el diámetro de copa del árbol se debe a las procedencias, en cambio, para el porcentaje de copa del árbol este valor se redujo a 4.4%. La procedencia de Agua Fría tiene el mayor diámetro promedio de copa con 99.2 cm, mientras que la procedencia Puerto San Juan se ubica en el extremo inferior (79.9 cm). En lo que refiere al porcentaje de copa, se encontró a los árboles de Agua Fría compuesto por más del 89.1% de copa, con menor cantidad de copa están los árboles de Santa Anita con un 82.4% de copa (Figura 4).

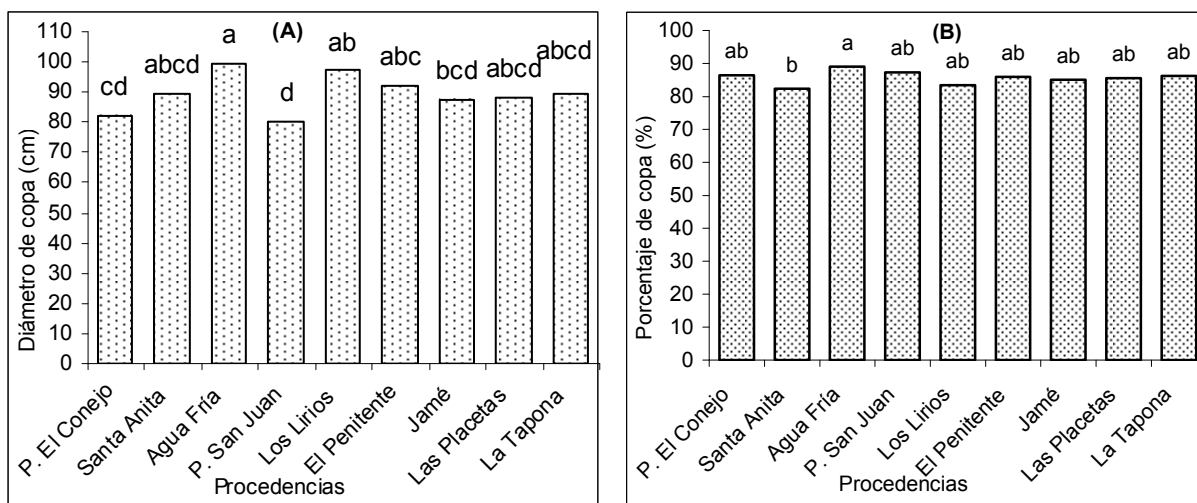


Figura 4. Valores promedio (A) del diámetro de copa y (B) del porcentaje de copa en nueve procedencias de *P. greggii* Engelm. con 4.5 años de plantados. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales.

3.5. Análisis de correlación

Al realizar el análisis de correlación entre los datos de origen de las procedencias con las variables evaluadas en este estudio, se obtuvo sólo una correlación negativa entre la altitud y el crecimiento en altura de los árboles ($r=-0.76^*$), quiere decir, que los árboles con mayor altura en la plantación provienen de procedencias con menor altitud. Los árboles de las procedencias de *P. greggii* del norte del país, bajo las condiciones ambientales del sitio de plantación a los 4.5 años de edad en campo, no han mostrado un patrón definido en las variables evaluadas. Sin embargo, el crecimiento en altura de los árboles se correlacionó positivamente ($P\leq 0.01$) con el área de intercepción lumínica de la copa ($r=0.94^{**}$), con el área de proyección de copa sobre el suelo ($r=0.86^{**}$) y con el porcentaje de copa del árbol ($r=0.48^{**}$). Lo anterior significa que las procedencias con mayor cobertura sobre el suelo, tuvieron árboles con mayor altura y también mayor cantidad de área de intercepción lumínica; en consecuencia los árboles presentaron un mayor porcentaje de copa.

Dado los resultados anteriores es posible apoyar lo que mencionan González (1978) y Eguiluz (1978) al considerar que *P. greggii* es una especie rústica y que posee buenas características para desarrollarse con cierta facilidad sobre terrenos pobres y con rápido crecimiento. Otros estudios mencionan la importancia de conocer las características de la copa de los árboles y con ellas poder predecir la respuesta de crecimiento de los árboles (Doruska y Burkhart, 1994; Brunner, 1998; Schomaker *et al.*, 1999; Pérez, 2004) y lo que determina fuertemente el crecimiento

del árbol es la cantidad lumínica que intercepta la copa (Alba y Kohyama, 1997; Sterk, 1999; Tang *et al.*, 1999).

4 CONCLUSIONES

Se presenta una variación significativa entre las nueve procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el crecimiento y características de la copa, principalmente en el área de proyección de copa sobre el suelo, en el área de intercepción lumínica y en el porcentaje de copa de los árboles.

Los Lirios, Coah. y Agua Fría, N. L. son las procedencias que presentan mayores ventajas para usarse en plantaciones de protección al suelo en la región sur de Nuevo León, al obtener mayores valores en las variables altura total, área de proyección de copa sobre el suelo y en el área de intercepción lumínica de la copa a la edad de 4.5 años. Lo anterior refleja el potencial de algunas procedencias para hacer plantaciones en suelos con cierto grado de erosión en el norte de México.

Las procedencias que tienen árboles con mayor crecimiento en altura se encuentran a una menor altitud ($r=-0.76^*$), el resto de las variables no muestran un patrón definido en las procedencias a los 4.5 años de plantados bajo las condiciones ambientales del sitio de plantación en el cerro El Potosí, Ejido 18 de Marzo, Galeana, Nuevo León.

6 LITERATURA CITADA

- Aiba, S. y T. Kohyama. 1997.** Crown architecture and life-history traits at 14 tree species in a warm temperature rain forest significance of spatial heterogeneity. *Journal of Ecology* 85 (5): 611-624.
- Alba L., J L.; Mendizábal H. y 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. *Forest Ecology and Management* 147 (1-3): 19-46.
- Burgess, I. P. 1987.** Provenance trials of *Eucalyptus grandis* and *E. saligna* in Australia. *Silvae Genet.* 37: 221-227.
- Cano P., A. 1998.** Tamaño y calidad de planta de *Pinus greggii* Engelm., en dos sistemas de producción en vivero. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 80 p.
- Cetina A., V. M. 1997.** Tres tipos de manejo en vivero de *Pinus greggii* Engelm. y su efecto en la calidad de planta. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 73 p.
- Contreras M., R. 2005.** Ensayo de tres procedencias de *Pinus greggii* Engelm. establecido en el C. A. E. S. A. Arteaga, Coahuila. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila. 58 p.
- Domínguez C., P. A.; J. J. Návar Ch. y J. A. Loera O. 2001.** Comparación del rendimiento de pinos en la reforestación de sitios marginales en Nuevo León. *Madera y Bosques* 7(1):27–35.
- Doruska., D. F. y H. E. Burkhart. 1994.** Modeling the diameter and locational distribution of branches within the crowns of loblolly pine trees in

unthinned plantations. *Canadian Journal of Forestry Research* 24:2362-2376.

- Dvorak, W. S., J. E. Kietzka y J. K. Donahue 1996.** Three-year survival and growth of provenances of *Pinus greggii* in the tropics and subtropics. *Forest Ecology and Management*. 83:123-131.
- Eguiluz P., T. 1978.** Ensayo de integración de los conocimientos del género *Pinus* en México. Tesis de Licenciatura. UACH. Chapingo, México. Pp. 438-446
- García., E. 1988.** Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Cuarta edición. México, D. F. 219 p.
- García L., E. 1990.** Efecto del sustrato y fertilización en el crecimiento de *Pinus greggii* Engelm., en vivero. Tesis profesional. División de Ciencias Forestales. UACH. Chapingo, México. 86 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.
- González K., V. G.; Hernández S. y D. Hernández S. 1990.** Evaluación de la pérdida de suelo (1ª aproximación) en una región de la serranía de Actopán, Hidalgo, México. *In: Memorias del Primer Simposium Nacional "Degradación del suelo"*
- Hernández B., E. 2005.** Ensayo de procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en el Ejido 18 de Marzo, Galeana, N. L. Tesis profesional. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 53 p.
- López-Ayala., J. L., J. J. Vargas H, C. Ramírez H. y J. López U. 1999.** Variación intraespecífica en el patrón de crecimiento del brote terminal de *Pinus greggii* Engelm. *Revista Chapingo serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 5(2):133-140.
- López-Upton J., A. J. Mendoza H., J. Jasso M., J. J. Vargas H. y 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(78):81-94.

- López-Upton J., C. Ramírez H., O. Plascencia E. y J. Jasso M. 2004.** Variación en crecimiento de diferentes poblaciones de las dos variedades de *Pinus greggii*. *Agrociencia*. 38(4):457-464.
- Martínez, M. 1948.** Los pinos mexicanos. Segunda edición. Editorial Botas. 368 p.
- Musálem, M. A. y Martínez C., G. 2003.** Monografía de *Pinus greggii* Engelm. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Valle de México, El Horno, Chapingo, Méx. 341 p.
- Novelo G., R. 1994.** Mulch para el control de maleza en una plantación de *Pinus greggii* Engelm. Tesis de Maestría. UACH. Chapingo, México. 116 p.
- Ornelas H. G., E. Aldrete M y 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.
- Pérez D., R. 2004.** Análisis estructural y foliar en ecosistemas multicohortales del norte de México. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Linares, Nuevo León. 89 p.
- Plancarte B., A. 1988.** Rendimiento de semilla de dos procedencias de rodales naturales de *Pinus greggii* Engelm. Centro de Genética Forestal. Nota Técnica No. 2. 4 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.
- Quiñones P., R. 1995.** Influencia del sustrato y fertilización en el crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* Engelm. bajo condiciones de vivero. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales UACH. Chapingo, Méx. 62 p.
- Rodríguez E., J. D. M. 1990.** Características de la progenie de plantaciones jóvenes de *Pinus greggii* Engelm. (III etapa, evaluación dasométrica, calidad de pulpa y papel). Tesis profesional. División de Ciencias Forestales. UACH. Chapingo, México. 116 p.

- Rodríguez G., E. 1993.** Comparación de tres sistemas de producción a raíz desnuda, cono y bolsa para *Pinus greggii* Engelm. y *Pinus pseudostrobus* Lindl. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León, México. 60 p.
- Ruiz M., M.; Rodríguez H., R.; Castellanos B., J. F.; Rodríguez F., C.; Fierros G., A. M. 1995.** Proyectos forestales productivos para la Mixteca Alta de Oaxaca. INIFAP. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Folleto Técnico No. 9. 39 p.
- Saldívar C., J. 1982.** Ensayo de fertilización en una plantación de cinco especies forestales en Coatlinchán, México. Tesis Profesional. Departamento de Bosques. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 127 p.
- Schomaker M., S.; Zanoch y K. Stolte, 1999.** Tree crown condition indicator. USDA. Forest Service. Forest Health Monitoring Fact Sheet.
- SEMARNAT** (Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales) 2000. El sector forestal de México: Situación actual y perspectivas (1998). Sistema Nacional de Información Forestal.
- Sterk F., J. 1999.** Crown development in tropical rain forest trees in gaps and under storey. *Plant Ecology* 143:89-98.
- Tang Z., J. L.; Chambers, S. Duddanti, S. Yu y J. P. Barnett 1999.** Seasonal shoot and needle growth of loblolly pine responds to thinning, fertilization and crown position. *Forest Ecology and Management* 120:117-130.
- Vargas H., J. J. 1985.** Respuesta a la sequía de cuatro especies de *Pinus* en estado de plántula. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 99 p.
- Velasco G., M. V. 2001.** Ensayo de 13 procedencias de *Pinus greggii* Engelm. en dos localidades de la Mixteca Alta, Oaxaca. Tesis profesional. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 75 p.
- Zobel B. y J. Talbert 1988.** Técnicas de mejoramiento de árboles forestales. Primera edición. Editorial LIMUSA. México. 545 p.

7 APÉNDICES

Apéndice 1. Resultados del análisis de varianza y significancia para altura, diámetro y variables de la copa del árbol en procedencias de *P. greggii* Engelm.

| Variables | Cuadrados Medios | | | |
|---|------------------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| | Bloques (29) ^a | Procedencias (8) | Bloq*Proc (231) | Error (651) |
| Altura (cm) | 20954.2 | 7794.9* | 3740.2 | 1537.9 |
| Diámetro (cm) | 1320.9 | 475.7* | 220.2 | 102.8 |
| Altura a la primer rama(cm) | 177.3 | 316.8** | 112.6 | 95.7 |
| Altura al punto más amplio de la copa (cm) | 3015.1 | 922.5* | 495.5 | 240.3 |

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

**Significativo al $P \leq 0.01$; *Significativo al $P \leq 0.05$

Apéndice 2. Resultados del análisis de varianza para el APCS y AILC en un ensayo procedencias de *P. greggii* Engelm.

| Variables | Cuadrados Medios | | | |
|---|------------------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| | Bloques (29) ^a | Procedencias (8) | Bloq*Proc (231) | Error (651) |
| Área de proyección de copa sobre el suelo (m ²) | 1.47 | 0.98** | 0.27 | 0.13 |
| Área de intercepción lumínica de la copa (m ²) | 25.4 | 9.5* | 5.1 | 1.93 |

^a En paréntesis se presentan los grados de libertad correspondientes a cada fuente de variación.
 **Significativo al P≤0.01; *Significativo al P≤0.10

Apéndice 3. Resultados del análisis de varianza en el diámetro y porcentaje de copa en un ensayo procedencias de *P. greggii* Engelm.

| Variables | Cuadrados Medios | | | |
|-----------------------|------------------------------|---------------------|--------------------|----------------|
| | Bloques (29) ^a | Procedencias (8) | Bloq*Proc (231) | Error (651) |
| Diámetro de copa (cm) | 6425.2 | 3845.1** | 1127.1 | 548.7 |
| Porcentaje de copa | 338.1 | 350.4* | 154.5 | 131.1 |

^a En paréntesis se presentan los grados de libertad correspondientes a cada fuente de variación.
 **Significativo al P≤0.01; *Significativo al P≤0.05

