



Revista Mexicana de Ciencias Forestales

ISSN: 2007-1132

ciencia.forestal2@inifap.gob.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Muñoz Flores, H. Jesús; Coria Avalos, Víctor Manuel; García Sánchez, J. Jesús; Velasco  
Bautista, Efraín; Martínez Molina, Gabriel

EVALUACIÓN DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus greggii* Engelm. CON DOS  
ESPACIAMIENTOS

Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 3, núm. 11, mayo-junio, 2012, pp. 57-70

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias

Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63438972005>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

redalyc.org

Sistema de Información Científica

Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

# EVALUACIÓN DE UNA PLANTACIÓN DE *Pinus greggii* Engelm. CON DOS ESPACIAMIENTOS

## ASSESSMENT OF A *Pinus greggii* Engelm. PLANTATION WITH TWO DIFFERENT SPACINGS

H. Jesús Muñoz Flores<sup>1</sup>, Víctor Manuel Coria Avalos<sup>1</sup>, J. Jesús García Sánchez<sup>2</sup>,  
Efraín Velasco Bautista<sup>3</sup> y Gabriel Martínez Molina<sup>4</sup>

### RESUMEN

Las plantaciones forestales en la Sierra Purhépecha, Michoacán, presentan bajos incrementos en altura y diámetro; así como en supervivencia, debido a que se establecieron sin un objetivo específico, con una elección inadecuada de especies, densidades incorrectas en relación con la capacidad productiva de los terrenos, y carecen de seguimiento. La escasa información sobre el crecimiento y desarrollo de las plantaciones con especies exóticas motivó la realización del presente estudio, cuyo objetivo fue evaluar el desarrollo en diámetro, altura y supervivencia de una plantación de *Pinus greggii* establecida con dos espaciamientos 2.0 x 4.0 y 2.50 x 4.0 m, en terrenos de la Comunidad Indígena de Cheranástico, municipio Paracho, Michoacán en julio de 1999. El área se caracteriza por tener suelo Andosol, topografía ligeramente ondulada, pendiente del 5% y una altitud de 2,293 m. La planta fue producida en contenedores, con capacidad de 160 celdas. Para la preparación del terreno se realizó un barbecho a 30 cm de profundidad. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar con dos tratamientos y seis repeticiones, la unidad experimental estuvo constituida por 60 árboles. Los resultados a seis años, mostraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables altura y diámetro, no así en supervivencia. Las densidades ensayadas permiten evaluar la variación del crecimiento y comportamiento de *P. greggii* para plantaciones agroforestales, y con base en la capacidad productiva del suelo se deberá emplear el espaciamiento de 2.0 x 4.0 m, en el cual se obtuvo un mejor crecimiento en altura y diámetro.

**Palabras clave:** Densidad en plantaciones, especies exóticas, evaluación de crecimiento, *Pinus greggii* Engelm., plantaciones agroforestales, supervivencia.

### ABSTRACT

Forest plantations established in the Sierra Purhépecha, Michoacan, currently increase slowly in height and diameter, as well as in survival rates, because they were established without a specific objective, with an inappropriate choice of species, incorrect densities in relation to the productive capacity of lands and lack of follow-up. The limited information on growth and development of plantations with exotic species motivated the present study, aimed to assess the development in diameter, height and survival of a *Pinus greggii*, set at two different spacings, of 2.0 x 4.0 m and of 2.50 x 4.0 m. The plantation was established on lands that belong to the Indigenous Community of Cheranastico, Paracho municipality, Michoacan State, in July 1999, in Andosol soil, with a slightly undulating topography, a slope of 5% and an altitude of 2,293 m. The plant was grown in containers with a capacity of 160 cells. For the preparation of the land, fallow was conducted at 30 cm depth. Experimental design was a randomized block with two treatments and six replications; the experimental unit consisted of 60 trees. Results at six years showed significant differences among treatments for the height and diameter variables, but not in survival. The densities tested to assess the variation in growth and behavior of *P. greggii* for agroforestry plantations, and based on the productive capacity of the soil, must use the spacing of 2.0 x 4.0 m, which achieved better growth in height and diameter.

**Key words:** Density in plantations, exotic species, growth evaluation, *Pinus greggii* Engelm, agroforestry plantations, survival rate.

Fecha de recepción: 10 de junio de 2010

Fecha de aceptación: 18 de abril de 2012

<sup>1</sup> CE. Uruapan-CIRPAC-INIFAP. Correo-e: munoz.hipolitojesus@inifap.gob.mx

<sup>2</sup> Facultad de Agrobiología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

<sup>3</sup> CENID-COMEF. INIFAP.

<sup>4</sup> Programa Forestal. Colegio de Postgraduados.

## INTRODUCCIÓN

La superficie forestal mundial se reduce cada año en 13 millones de hectáreas a causa de la deforestación, aunque el ritmo de pérdida neta disminuye gracias a las plantaciones y la expansión natural de los bosques. Su evaluación proporciona una actualización completa sobre el uso y la gestión de los bosques y demuestra que mientras hay lugares que experimentan progreso, en muchos otros los recursos forestales están siendo destruidos o degradados a un ritmo alarmante (FAO, 2005).

La Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) destaca que en el período 2000 - 2005, México registró una tasa promedio de deforestación de 314,000 ha año<sup>-1</sup>. En el Informe sobre la Evaluación de los Recursos Forestales en el Mundo, elaborado de forma conjunta con el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), se determinó que su tendencia durante la década 1990 - 2000 fue de 401,000 ha anuales, sin duda un importante cambio (CONAFOR, 2005).

En el estado de Michoacán, se han perdido más de 700,000 ha (Mas, 2003) en los últimos 20 años, a pesar de la gran extensión de bosques de clima templado frío y selvas tropicales bajas y medianas que aún conserva, y cuya superficie es de 2.2 millones de hectáreas arboladas.

En la entidad se han establecido plantaciones forestales a partir de 1960, por diferentes dependencias oficiales y con especies del género *Pinus*, *Eucalyptus* y *Cupressus* entre los más importantes, con objetivos que van desde la recuperación hasta la protección de áreas con suelos degradados, en lugares donde se han abandonado los cultivos agrícolas, zonas de bosques empobrecidos, lugares de esparcimiento cercanos a la población y en cuencas con fines de protección (Muñoz, 1997).

Para solucionar el problema de la deforestación, se ha recurrido a las plantaciones forestales con especies nativas y exóticas. Las de pino son las que mejores resultados han tenido en cada localidad, de tal manera que hay preferencia por las locales sobre las introducidas. Los espaciamientos de plantación deberán permitir el uso completo de la capacidad productiva del suelo y la obtención de rendimientos de 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> o mayores (García *et al.*, 2006).

En los programas de plantaciones forestales es esencial conocer los orígenes o procedencias más convenientes para cada sitio, lo que no es práctica común en México (Zobel y Talbert, 1994).

Para llevar a cabo los programas de forestación y reforestación que actualmente se realizan en el país se requiere, entre otros aspectos, un reconocimiento preciso de la variación de cada taxón, lo que permitirá introducir especies y ecotipos adecuados a cada sitio de plantación. De esta manera, se podrá contar con una base de datos para reducir riesgos al introducir material

## INTRODUCTION

Each year, 13 million hectares of the world's forest surface disappear due to deforestation, although the net disappearance rate decreases thanks to plantations and to the natural expansion of forests. Their assessment provides a complete update on the use and management of forests, and shows that forest resources in many places are being destroyed or degraded at an alarming speed, even when there is progress in some other locations (FAO, 2005).

For the 2000 - 2005 period, the National Forest Commission (CONAFOR) highlights that Mexico reported an average deforestation rate of 314,000 ha year<sup>-1</sup>. The Report of the Assessment of Forest Resources of the World prepared with the Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), determined that the tendency during the 1990's was 401,000 ha a year, which undoubtedly represents a considerable difference (CONAFOR, 2005).

In the state of Michoacan, over 700,000 ha have been lost over the last two decades (Mas, 2003), despite the large extension of cold temperate forests and lower and medium rainforests that are still preserved -whose surface amounts to 2.2 million wooded hectares.

Since 1960, forest plantations have been developed in the state by different official institutions, mainly using species of the genus *Pinus*, *Eucalyptus* and *Cupressus*, with purposes that range from recovery to protecting areas with degraded soils, places where agricultural crops have been abandoned, zones of impoverished forests, leisure places close to the population and basins (Muñoz, 1997).

An alternative for solving the problem of deforestation has been the development of forest plantations that use native and exotic species. Pine plantations have given the best results in each locality, which is why there is a preference for local species over alien ones. Plantation spacing should allow a comprehensive use of the productive capacity of the soil and obtaining an output of 20 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> or higher (García *et al.*, 2006).

Although it is not a very common practice in Mexico, learning the most convenient origins for each site is essential in forest plantation programs (Zobel and Talbert, 1994).

In order to implement forestation and reforestation programs currently in force in the country, a precise acknowledgement of the variation of each taxon is required, among other things, which will allow the introduction of adequate species and ecotypes to each plantation site. This way, there could be a database that reduces risks when introducing vegetable material and unapt specimens to a determined site, and would also serve for handling management in the forest resources conservation programs (Bermejo, 1980).

vegetal y procedencias no aptas a un sitio determinado, además de llevar a cabo el manejo en los programas de conservación de los recursos forestales (Bermejo, 1980).

Entre las decisiones que deben tomarse para realizar una forestación, una de las más relevantes es la selección del mejor espaciamiento inicial, el cual debe estar relacionado con el destino de la madera. Además, es evidente que el material genético, la calidad de sitio y el tratamiento silvícola tienen mucha influencia en la producción maderable. El segundo factor en importancia, para la determinación de la productividad de una masa forestal es la densidad del rodal, después de la calidad de sitio, y es el elemento principal que el silvicultor puede manejar durante el desarrollo de la misma (Daniel *et al.*, 1982).

La elección del espaciamiento depende de variables como las exigencias biológicas de la especie elegida, características del sitio, estado de preparación del terreno, destino del producto (astillas, aserrío), distancia al mercado y cultivos asociados. Además, el conocimiento previo de los incrementos volumétricos y de la composición dasométrica de la masa, para distintas densidades iniciales de plantación, es condición necesaria para evaluar todas las alternativas y realizar la elección más conveniente para realizar un buen programa de plantaciones (Pujato y Marlatz, 1983).

*Pinus greggii* Engelm. ha mostrado altas tasas de crecimiento en altura y diámetro en ensayos genéticos o de selección de especie (Castellanos y Ruiz, 1993), así como un gran potencial para adaptarse a condiciones limitantes de humedad (Vargas y Muñoz, 1988). Estas características sugieren su incorporación a programas de reforestación para recuperar suelos degradados en diferentes partes de México y en plantaciones comerciales. Durante el año 2000, la especie ocupó el sexto lugar en producción de planta y reforestación en el país (Musálem y Martínez, 2003).

Colateralmente se debe considerar que un taxón introducido no debe utilizarse a gran escala, al menos que haya mostrado ser superior a las nativas en un periodo de tiempo considerable: hasta que los árboles logren dimensiones comerciales (Huchim, 1993).

Mas *et al.* (1983) muestran los resultados de cuatro experimentos de plantaciones forestales con seis especies del género *Pinus* y una de *Fraxinus*, con varios espaciamientos y tamaño inicial de plantas en el Campo Experimental Forestal "Barranca del Cupatitzio", Uruapan, Mich. Los resultados no evidenciaron efectos significativos del espaciamiento inicial sobre el crecimiento en altura y diámetro, ni en la supervivencia de las diversas especies ensayadas.

García (1996) documenta la supervivencia de seis especies de *Pinus* promisorias para reforestación en la Sierra Purhépecha a una densidad de 1,089 árboles ha<sup>-1</sup>.

Among the decisions that need to be taken when reforesting, one of the most relevant is selecting the best initial spacing, which should be related to the destination of timber. Moreover, it is evident that the genetic material, the quality of the site and the forestry treatment have plenty of influence over timber production. The second important factor for determining the productivity of a forest cluster, after quality of the site, is the stand density, and it is the main element that the forester can handle during its development (Daniel *et al.*, 1982).

Selecting spacing depends on variables such as the biological demands of the chosen species, the qualities of the site, the state of the land, the destination of the product (kindling, sawmill), the distance to the market and associated crops. Moreover, previous knowledge regarding the volume increments and dimensions of the stump at different initial plantation densities is necessary for evaluating all alternatives and make the most convenient choice for carrying out a successful plantation program (Pujato and Marlatz, 1983).

*Pinus greggii* Engelm. has shown high diameter and height growing rates in genetic or species selection assays (Castellanos and Ruiz, 1993), as well as a great potential for adapting to limited humidity conditions (Vargas and Muñoz, 1988). These evidences suggest the use of *P. greggii* in reforestation programs for recovering degraded soils in different parts of Mexico and in commercial plantations. During 2000, this species was in sixth place in plant production and reforestation in the country (Musálem and Martínez, 2003).

Collaterally, it should be considered that an exotic taxon should not be used at a large scale, unless it has proven to be superior to the native species in a considerable period-until trees reach their commercial dimensions (Huchim, 1993).

Mas *et al.* (1983) show the results of four experiments carried out on forest plantations with six species of *Pinus* and one of the *Fraxinus*, using diverse spacings and different initial dimensions of plants in the Barranca del Cupatitzio Forest Experimental Station, in Uruapan, Michoacan State. Their results did not evidence significant effects of initial spacing on growth in height and in diameter, nor on the survival of the diverse species that were studied.

García (1996) documents the survival of six species of *Pinus* that were promising for reforestation in the Sierra Purhépecha at a density of 1,089 trees ha<sup>-1</sup>.

Muñoz *et al.* (2009) analyzed the results of several Works with plantations of *Pinus greggii* in Michoacan. Fourteen years after plantation, the most outstanding species in terms of height were *P. greggii* (1.05 m year<sup>-1</sup>), *P. herrerae* Martínez (1.02 m year<sup>-1</sup>), and *P. patula* Schiede ex Schltdl. et Cham. (1.01 m year<sup>-1</sup>). They concluded that due to its growth

Muñoz *et al.* (2009) analizaron los resultados de varios trabajos de plantaciones con *Pinus greggii*, en Michoacán. A 14 años, las especies más sobresalientes en incremento en altura fueron: *P. greggii* (1.05 m año<sup>-1</sup>), *P. herrerae* Martínez (1.02 m año<sup>-1</sup>) y *P. patula* Schiede ex Schltdl. *et* Cham. (1.01 m año<sup>-1</sup>). Concluyen que debido al crecimiento y adaptación de la especie a las condiciones edafo-climáticas de la entidad, se podría considerar como potencial para emplearse en el establecimiento de plantaciones forestales comerciales o agroforestales.

## Descripción general de *Pinus greggii* Engelm.

Especie nativa de México (Martínez, 1948) parecida a *P. patula*, pero se diferencia por sus hojas cortas, derechas y gruesas; aunque pertenecen al mismo grupo botánico. Se le conoce como: "pino prieto" en Coahuila, "pino ocote" en Hidalgo, en los estados del norte como "pino garabatillo", y en las poblaciones del centro como "ocote" u "ocote chino" (Eguiluz, 1978; Perry, 1991; Farjon *et al.* 1997).

Se desarrolla en climas con temperatura media de 16.8°C, con máximas extremas de 45°C y mínimas de -9°C. Los sitios con *P. greggii* en el norte de México son secos, con precipitación anual de 400 a 600 mm. Las procedencias del centro tienen una precipitación anual de 700 a 1,600 mm. En forma natural crece en las montañas de la Sierra Madre Oriental en altitudes de 1,300 a 3,000 m, y de 2,000 a 3,100 m; sin embargo, el intervalo altitudinal de distribución varía de acuerdo a los autores, que lo ubican de 1,200 a 2,700 m (Din, 1958; Eguiluz, 1978; Dvorak y Donahue, 1993). Habita en suelos delgados, de textura migajón areno-arcilloso, pedregosos, café rojizos y calizos, normalmente pobres en materia orgánica; y con pH casi neutro (Eguiluz, 1978).

La madera de *P. greggii* se destina al aserrío, en su mayor parte, se usa para durmientes, pilotes para minas, vigas y postes para cercas, muebles y leña. La recomiendan para construcción, ebanistería, decoración de interiores, lambrín y duelas para cielos rasos (Eguiluz, 1978; De la Paz, 1981; Dvorak, 1996).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el crecimiento en diámetro, altura y supervivencia de una plantación de *Pinus greggii* a la edad de seis años en terrenos de la Comunidad Indígena de Cheranástico, municipio Paracho, Michoacán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en la localidad de Cheranástico, municipio Paracho, Michoacán, en el km 18 de la carretera federal Carapan-Playa Azul. Su posición geográfica es 19°42'74.3" latitud norte y 102°00'89.5" longitud oeste

and adaptation to the edafoclimatic conditions of the state, this species could be potentially considered to be used in the establishment of commercial or agroforestry plantations.

## General description of *Pinus greggii* Engelm.

It is species native to Mexico (Martínez, 1948), similar to *P. patula*, but distinguished by its short, straight and thick leaves, although both belong to the same botanic group. It is known in Coahuila State as "pino prieto", in Hidalgo State as "pino ocote", in the Northern states as "pino garabatillo", and in the central Mexico as "ocote" or "ocote chino" (Eguiluz, 1978; Perry, 1991; Farjon *et al.*, 1997).

It is found in climates with an average temperature of 16.8°C, with an extreme maximum of 45°C and a minimal of 9°C. Places in Northern Mexico with *P. greggii* are dry, with an annual precipitation of 400 to 600 mm. The sites in the center with this species have an annual precipitation of 700 to 1,600 mm. It grows naturally in the Sierra Madre Oriental, at altitudes of 1,300 to 3,000 m, and of 2,000 to 3,100 m. However, the altitude distribution interval is different, depending on the authors, which locate it from 1,200 to 2,700 m (Din, 1958; Eguiluz, 1978; Dvorak and Donahue, 1993). It inhabits thin soils, which have a sandy clay loam texture, are stony, red-brown and have limestone; they are usually poor in terms of organic material, and have an almost neutral pH (Eguiluz, 1978).

The timber from *P. greggii* is destined for sawmills, and is mostly used for wooden sleepers, mining piles, beams and posts for fences, furniture and firewood. It is recommended for construction, cabinetmaking, interior decoration, furring and boards for flat ceilings (Eguiluz, 1978; De la Paz, 1981; Dvorak, 1996).

The purpose of this study was to assess the growth in diameter and height, and the survival rate of a six year old plantation of *Pinus greggii*, located in lands which belong to the Comunidad Indígena de Cheranástico, municipio Paracho, Michoaca State.

## MATERIALS AND METHODS

The area of study is located in Cheranástico, in the municipality of Paracho, Michoacan, at km 18 of the federal road Carapan-Playa Azul. Its geographical position is 19°42'74.3" North latitude, and 102°00'89.5" West longitude, at an altitude of 2,293 m. The prevailing climate corresponds to type C (w<sub>2</sub>) b(i)g: temperate with summer rains. Soil is Andosol, with a slightly undulated topography, has a northeast exposition and a slope below 5% (DETENAL, 1974).

y a una altitud de 2,293 m. El clima que prevalece en el área corresponde al tipo C ( $w_2$ ) b(i)g: templado con lluvias en verano. El suelo es Andosol, con una topografía ligeramente ondulada, exposición noreste y pendiente menor al 5 % (DETENAL, 1974).

La plantación se realizó el 15 de julio de 1999, originalmente era parte de una plantación agroforestal con producción de madera-cultivo agrícola. La especie forestal utilizada fue *Pinus greggii* y el primer año se sembraron frijol y haba como componentes agrícolas. La plantación se hizo a marco real con dos espaciamientos: 2.0 x 4.0 y 2.50 x 4.0 m, en una superficie experimental de aproximadamente una hectárea.

Las plantas de *P. greggii* se produjeron en el vivero "El Copal" perteneciente a la Asociación de Permisionarios Forestales de la Meseta Tarasca. La semilla procedía de Jacala, Hidalgo, y se utilizaron contenedores (*Kopper block*) con una capacidad de 160 celdas. A la edad de 9 meses, los individuos tenían una altura de 28 cm.

La preparación del terreno consistió en un barbecho a una profundidad de 30 cm; posteriormente, se procedió a la plantación con el sistema "pico de pala", que consiste en hacer hoyos con una pala de punta a una profundidad igual a la planta producida en la charola (28 cm).

La toma de datos se realizó durante los primeros seis años. La primera evaluación se hizo al inicio de la plantación y las siguientes a los 4, 12, 19, 23, 48 y 72 meses. Las variables registradas fueron la altura total (m), el diámetro normal (cm) y la supervivencia.

A cada individuo se le midió su altura total con un estadal de 6 m, considerándola desde la base hasta la punta de la copa. Para el diámetro normal se usó una cinta diamétrica de 5 m, Weiss modelo 283D 5m.

La supervivencia se obtuvo mediante un conteo directo de los individuos vivos y muertos en la unidad experimental. La variable de interés fue el cociente resultante del número de árboles vivos, respecto al total de individuos en la unidad experimental.

## Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar, cuyos tratamientos estuvieron determinados por los dos espaciamientos de la plantación (2.0 x 4.0 m y 2.50 x 4.0 m). La unidad experimental consistió en un conjunto de 60 árboles,

The plantation was made on July 15th, 1999 on a square design about one hectare, and was originally a part of an agroforestry plantation for timber and for agricultural crops production. *Pinus greggii* was planted, and during the first year, crops consisted on beans and broad beans. Two different spacings were included: 2.0 x 4.0 and 2.50 x 4.0 m.

*P. greggii* seedlings were produced in the El Copal nursery, which belongs to the Asociación de Permisionarios Forestales de la Meseta Tarasca. Seeds came from Jacala, Hidalgo, and containers (*Kopper block*) with a 160 cell capacity were used. At 9 months, the individuals were 28 cm tall.

The preparation of the land consisted in a 30 cm deep fallow. Afterwards, the plantation was made by using the pico de pala system, which consists in making holes with a sharp shovel at a depth that equals the plant produced in the tray (28 cm).

Data were collected during the first six years. The first assessment was performed at the beginning of the plantation, and the following were 4, 12, 19, 23, 48 and 72 months later. The registered values were total height (m), normal diameter (cm), and survival rate.

Total height of each individual was measured using a 6 m height measuring pole, from the base to the top of each tree. For calculating the normal diameter, a 5 m Weiss model 283D 5 m diametric tape was used.

The survival rate was calculated by directly counting both death and living individuals within the experimental unit. The variable of interest was the quotient resulting from the number of living trees, in relation to the total of individuals in the experimental unit.

## Experimental design

An experimental design of complete random blocks was used. Their treatments were determined by the two different spacings in the plantation (2.0 x 4.0 m and 2.50 x 4.0 m). The experimental unit consisted of a group of 60 trees, and six replications were considered. Thus, a total 360 plants was assessed in each treatment.

The statistical model is the following (Martínez, 1988):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Where:

$Y_{ij}$  = Observation of the variable of interest (diameter, height, survival rate) of the  $i$ -th treatment in the  $j$ -th block.

$\mu$  = General median

y se consideraron seis repeticiones. Por lo tanto, en total se evaluaron 360 plantas por tratamiento.

A continuación se anota el modelo estadístico (Martínez, 1988):

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Observación de la variable de interés (diámetro, altura y supervivencia) del  $i$ -ésimo tratamiento en el  $j$ -ésimo bloque.

$\mu$  = Media general.

$T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento,  $i = 1, 2$ .

$\beta_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque,  $j = 1, 2, \dots, 6$ .

El análisis de la información se llevó a cabo en el paquete Statistical Analysis System (SAS, v8). Cuando se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), se procedió a realizar la prueba de comparación de medias de Tukey. Con el fin de estabilizar la varianza para el análisis estadístico de la variable supervivencia los valores porcentuales fueron transformados mediante la función "arcoseno".

Adicionalmente, se hizo una comparación del incremento en altura y diámetro con plantaciones de otras especies establecidas a una densidad similar y en condiciones edafoclimáticas parecidas a las de la Sierra Purhépecha.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de las variables altura, diámetro y supervivencia a la edad de seis años de establecida la plantación; así como los incrementos medios anuales en altura total y diámetro medio se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Datos promedio de las variables evaluadas y los incrementos logrados en una plantación de *Pinus greggii* Engelm. a la edad de seis años.

Table 1. Average data of the evaluated variables and the increases achieved in a plantation of *Pinus greggii* Engelm. at age six.

| Espaciamientos | Altura total (m) | Diámetro normal<br>(cm) | Supervivencia<br>(%) | IMAA<br>(m año <sup>-1</sup> ) | IMAD<br>(cm año <sup>-1</sup> ) |
|----------------|------------------|-------------------------|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| 2.00 x 4.0 m   | 7.38 a           | 12.37 a                 | 61.78 a              | 1.23                           | 2.06                            |
| 2.50 x 4.0 m   | 6.95 b           | 11.66 b                 | 52.80 a              | 1.15                           | 1.94                            |
| C.V. (%)       | 1.77             | 3.48                    | 12.17                |                                |                                 |

Las medias seguidas por la misma letra no difieren significativamente entre sí, con un nivel de confiabilidad del 95%, de acuerdo al ANOVA  
Medians followed by the same letter do not significantly differ among each other. The reliability level is 95%, according to ANOVA

$T_i$  = Effect of the  $i$ -th treatment,  $i = 1, 2$ .

$\beta_j$  = Effect of the  $j$ -th block,  $j = 1, 2, \dots, 6$ .

Data were analyzed using the Statistical Analysis System package (SAS, v8). Since significant differences were observed between both treatments ( $p \leq 0.05$ ), Tukey's range test was performed. In order to stabilize the variance for the statistical analysis of the survival rate, percentage values were transformed using the "arc sine" function.

Additionally, a comparison of the growth in height and diameter with plantations of other species established at a similar density and in edafoclimatic conditions similar to those of the Sierra Purhépecha was made.

## RESULTS AND DISCUSSION

The results of the variables height, diameter and survival rate six years after the establishment of the plantation, as well as the average annual increases in total average height and diameter, are summarized in Table 1.

Regarding the average height at age six, highly significant differences between both treatments were found, with a significance level of 0.01%. The variation coefficient was 1.77%, which is considered to be acceptable, since it shows the homogeneity of data (Table 1).

In the 2.0 x 4.0 m spacing, an average height of 7.38 m was recorded, and in the 2.50 x 4.0 m spacing, it was of 6.95 m, which represents a difference in height of 0.44 m in favor of the first treatment.

When comparing the total average heights within the same species and between treatments, it increased as the distance between trees was reduced, which corresponds to a plantation density of 1,250 trees ha<sup>-1</sup> in the 2 x 4 m spacing, since they get stressed due to the competition between tree tops and their entanglement, which causes a competition for light, water and nutrients.

Con respecto a la altura promedio a los seis años, se determinaron diferencias altamente significativas entre tratamientos, con un nivel de significancia del 0.01%. El coeficiente de variación fue de 1.77%, que se considera aceptable, ya que muestra la homogeneidad de los datos (Cuadro 1).

En el tratamiento 2.0 x 4.0 m se registró una altura media de 7.38 m y en el espaciamiento 2.50 x 4.0 m de 6.95 m, que corresponde a una diferencia en altura de 0.44 m, a favor del primer tratamiento.

Al comparar las alturas totales promedio dentro de la misma especie y entre tratamientos, esta fue mayor conforme se redujo la distancia de los árboles, que corresponde a una densidad de plantación de 1,250 árboles ha<sup>-1</sup> del espaciamiento de 2 x 4 m, ya que al iniciar la competencia entre la copa de los árboles, por efecto de su entrecruzamiento, se estresan, lo que provoca competencia por luz, agua y nutrimentos.

Durante los meses de medición, el aumento en altura entre los dos tratamientos se diferenció, de tal manera que a partir de los 48 meses con el menor espaciado (2.0 x 4.0 m) el crecimiento fue mayor, debido a que a esta edad se presentó la competencia por los requerimientos antes mencionados; así como, por el espacio físico de crecimiento entre la copa de los árboles (Figura 1). En cuanto al espaciamiento de 2.50 x 4.0 m continuó con su crecimiento normal, en respuesta a la falta de competencia, ya que la densidad de plantación fue menor. En la última medición, a los 72 meses, se presentó un crecimiento menor con respecto al otro tratamiento, el cual tuvo mayor densidad de plantación (Figura 1). El efecto fue altamente significativo entre tratamientos, para la variable altura.

Estos resultados concuerdan con los de Crechi *et al.* (1992), quienes evaluaron 10 densidades de plantación para *P. taeda* L. de 625 hasta 4,444 plantas ha<sup>-1</sup> y constataron un efecto altamente significativo de la densidad de plantación sobre todas las variables consideradas. En un ensayo con *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. se comprobó la existencia de menor altura en los individuos, a los 3 y 7 años, cuando son plantados con densidades bajas (Fassola *et al.*, 2004). Sin embargo, difieren de los citados por Fahler *et al.* (1986), Fernández *et al.* (1991) y Crechi *et al.* (1996), quienes no observaron efecto significativo sobre la variable altura.

Al comparar la altura media de *P. greggii* con lo registrado por García (1996), en plantaciones de *P. pseudostrobus* Lindl. a los 5.8 años, con una altura de 5.84 m y la supera ampliamente con una diferencia en altura de 1.55 m, por lo que resulta ser una especie promisoría para emplearse en trabajos de plantaciones forestales comerciales y de restauración en gran parte del estado de Michoacán.

During the months of measurement, the increase in height between both treatments differentiated; therefore, in the smaller spacing (2.0 x 4.0 m), growth was higher after the 48<sup>th</sup> month, since the competition for the requirements mentioned above began at this age, and due to the physical growing space between tree tops (Figure 1). Regarding the 2.50 x 4.0 m spacing, growth continued normally since there was no competition because the population density was lower. During the last measurement, at 72 months, growth was lower in contrast with the other treatment, which had a higher plantation density (Figure 1). The effect between treatments was highly significant, in terms of height.

These results match those of Crechi *et al.* (1992), who evaluated 10 plantation densities for *P. taeda* L., which ranged from 625 to 4,444 plants ha<sup>-1</sup>, and confirmed a highly significant effect of plantation density over all the considered variables. In an assay done to a population of *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br., it was confirmed that individuals grow less in height, when measured at ages 3 and 7, if the density is low (Fassola *et al.*, 2004). However, they differ to those cited by Fahler *et al.* (1986), Fernández *et al.* (1992) and Crechi *et al.* (1996), who did not observe a significant effect on height.

When comparing the average height of *P. greggii* with the data reported by García (1996), in plantations of *P. pseudostrobus* Lindl. at age 5.8, with a height of 5.84 m, it widely exceeds it with a difference in height of 1.55 m. Therefore, it turns out to be a promising species for commercial forestry and restoration plantations in a large part of the state of Michoacan.

In both treatments, the height of trees increased with age. The behavior was very similar in both cases (figures 2 and 3).

A regression model was adjusted to describe this trend. In the case of treatment 1, Table 2 shows the variability analysis and the estimated parameters. It was observed that the coefficient of determination is 99%, and the variables age and square age were significant.

Given these conditions, the regression model was determined as follows, and Table 3 provides a summary of results.

$$\text{Height} = (0.06425) \text{ Age} + (0.00057526) \text{ Age}^2$$

For treatment 2, the resulting regression model was the following:

$$\text{Height} = (0.06226) \text{ Age} + (0.00052039) \text{ Age}^2$$

Tables 4 and 5 report the analysis of variability and the regression values.

When the estimated parameters of both models are observed, the conclusion is that the age related behavior was



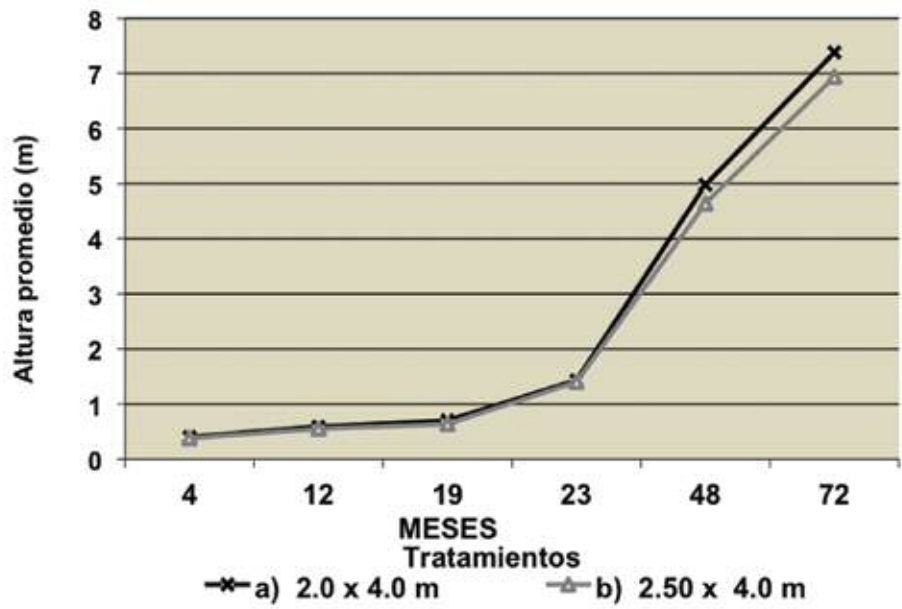


Figura 1. Crecimiento en altura de la plantación de *Pinus greggii* Engelm. con dos espaciamientos a la edad de seis años.  
Figure 1. Growth in height of the six year old plantation of *Pinus greggii* with two different spacings.

En los dos tratamientos, la altura de los árboles se incrementó con la edad. El comportamiento fue muy similar es ambos casos (figuras 2 y 3).

similar in both treatments. Likewise, the probability values for F and T are quite small (below 0.05), so the statistical test is convincing, and both the age and the square age provide a good explanation of the height related behavior.

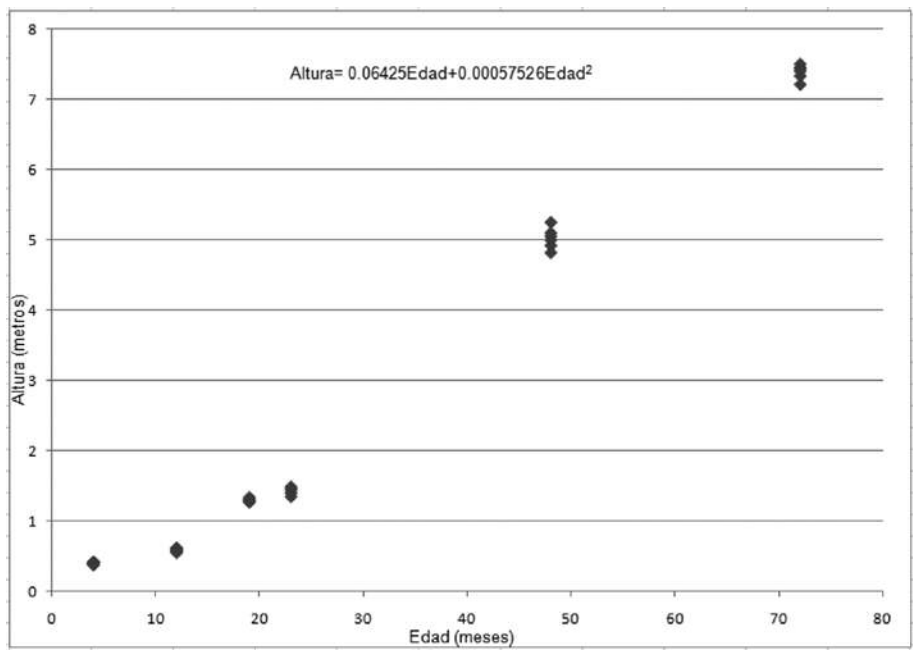


Figura 2. Comportamiento de la altura en función de la edad para el tratamiento 1 (2 x 4 m).  
Figure 2. Behavior in terms of height related to age for treatment 1 (2 x 4 m).

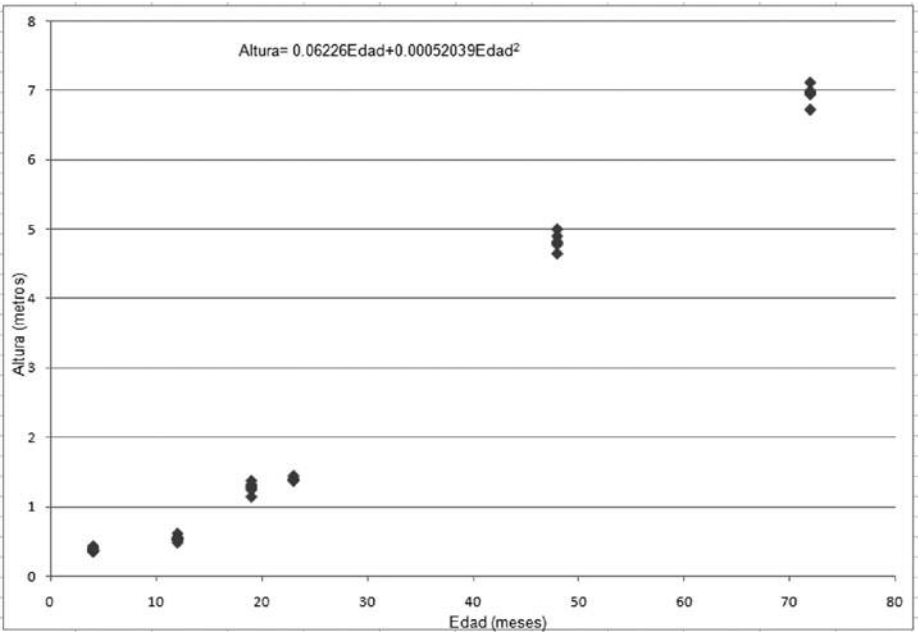


Figura 3. Comportamiento de la altura en función de la edad para el tratamiento 2 (2.5 x 4 m).

Figure 3. Behavior in terms of height related to age for treatment 2 (2.5 x 4 m).

Se ajustó un modelo de regresión para describir esta tendencia. Para el caso del tratamiento 1 en el Cuadro 2 se presentan el análisis de varianza y los parámetros estimados. Se observa que el coeficiente de determinación es del orden del 99% y que la variable edad y la edad al cuadrado resultaron significativas.

Given the average diameter data six years after plantation, a variability analysis was performed. Results indicated that there are significant differences in both treatments, at a significance level of 0.05%. The coefficient of variation (3.48%) is considered to be acceptable, since it proves the homogeneity of field data (Table 1).

Cuadro 2. Análisis de varianza y parámetros estimados para el tratamiento 1.  
Table 2. Variability analysis and parameters estimated for treatment 1.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medio | Valor de F             | Prob. F  |
|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------|------------------------|----------|
| Modelo              | 2                  | 500.83            | 250.41          | 2140.56                | < 0.0001 |
| Error               | 36                 | 4.21              | 0.11            |                        |          |
| Total               | 38                 | 505.05            |                 | R <sup>2</sup> =0.9917 |          |

En estas condiciones el modelo de regresión quedó como se indica a continuación y en el Cuadro 3 se resumen los resultados.

$$Altura = (0.06425) Edad + (0.00057526) Edad^2$$

The highest diameter value was achieved in the 20 x 40 m spacing, its median diameter being 12.37 cm, which was significantly higher to that of the 2.50 x 40 m, its mean diameter being 11.66 cm. The difference is 0.71 cm, favorable for the smallest spacing (20 x 40 m).

Cuadro 3. Resultados del modelo de regresión utilizado y parámetros estimados para el tratamiento 1.  
Table 3. Results of the regression model used and parameters estimated for treatment 1.

| Variable          | Grados de libertad | Parámetro estimado | Error estándar | Valor de t | Prob. T  |
|-------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|----------|
| Edad              | 1                  | 0.06425            | 0.00511        | 12.58      | < 0.0001 |
| Edad <sup>2</sup> | 1                  | 0.00057526         | 0.00008278     | 6.95       | < 0.0001 |

Para el tratamiento 2, el modelo de regresión resultante fue:

$$Altura = (0.06226) Edad + (0.00052039) Edad^2$$

En los cuadros 4 y 5 se consignan el análisis de varianza y los valores de la regresión.

Cuadro 4. Análisis de varianza y parámetros estimados para el tratamiento 2.  
Table 4. Variability analysis and parameters estimated for treatment 2.

| Fuente de variación | Grados de libertad | Suma de Cuadrados | Cuadrados Medio | Valor de F             | Prob. F  |
|---------------------|--------------------|-------------------|-----------------|------------------------|----------|
| Modelo              | 2                  | 451.46            | 225.73          | 2179.94                | < 0.0001 |
| Error               | 44                 | 4.55              | 0.10            |                        |          |
| Total               | 46                 | 456.02            |                 | R <sup>2</sup> =0.9900 |          |

Cuadro 5. Resultados del modelo de regresión utilizado y parámetros estimados para el tratamiento 2.  
Table 5. Results of the regression model used and parameters estimated for treatment 2.

| Variable          | Grados de libertad | Parámetro estimado | Error estándar | Valor de t | Prob. T  |
|-------------------|--------------------|--------------------|----------------|------------|----------|
| Edad              | 1                  | 0.06226            | 0.00459        | 13.57      | < 0.0001 |
| Edad <sup>2</sup> | 1                  | 0.00052039         | 0.00007478     | 6.96       | < 0.0001 |

Al observar los parámetros estimados de ambos modelos, se concluye que el comportamiento de edad fue similar en los dos tratamientos. Así mismo, los valores de probabilidad para F y para T son muy pequeños (menores del 0.05), por lo que las pruebas estadísticas son contundentes, entonces, tanto la edad como la edad al cuadrado explican bien el comportamiento de la altura.

Con los datos de diámetro promedio a los seis años de establecida la plantación, se realizó un análisis de varianza. Los resultados indicaron que existen diferencias significativas entre los dos tratamientos, a un nivel de significancia del 0.05%. El coeficiente de variación (3.48%) se considera aceptable, ya que demuestra la homogeneidad de los datos de campo (Cuadro 1).

El mayor valor diamétrico se logró con el espaciamiento 2.0 x 4.0 m, con un diámetro medio de 12.37 cm, que fue superior significativamente al espaciamiento 2.50 x 4.0 m, con un diámetro medio de 11.66 cm, que corresponde a una diferencia de 0.71 cm a favor del menor espaciamiento de 2.0 x 4.0 m.

Los valores aquí documentados concuerdan con los registros de Crechi *et al.* (1992), quienes al evaluar 10 densidades de plantación para *P. taeda* (625 hasta 4,444 plantas ha<sup>-1</sup>) constataron un efecto altamente significativo de la densidad de plantación sobre todas sus variables evaluadas.

Sin embargo, difieren de Fahler *et al.* (1986) cuyos resultados revelaron que el DAP a los 8 años en una plantación

The values reported here are consistent with those recorded by Crechi *et al.* (1992), who assessed 10 different plantation densities for *P. taeda* (from 625 to 4,444 plants ha<sup>-1</sup>) and verified that plantation density has a highly significant effect on all the assessed variables.

However, they differ from those reported by Fahler *et al.* (1986), which revealed that DAP decreases eight years after having planted *P. taeda* with nine different densities if the number of trees ha<sup>-1</sup> increases. Likewise, Mas *et al.* (1983) studied six species of *Pinus* and one of *Fraxinus* sp., using different spacings, and found a lack of significant effects of initial spacing on growth in height and diameter, and in survival rate.

Given the average survival data, the next step was to perform a variability analysis which resulted in non-significant differences among the assessed treatments (0.01%). The coefficient of variation was 12.17%, which is acceptable because of the low variability of field data (Table 4).

The general survival index of the assessed experimental units was 57.29% (6 years after plantation); the interval varied from 52.80 to 61.78%. Survival may be prone to increase, as long as mortality causes are prevented.

Six years after plantation, 57.29% of all the trees planted initially in both treatments survived. Likewise, there were no significant differences related to spacing (Figure 4).

These results are consistent with those reported by Mas *et al.* (1983), in which the initial spacing did not have a significant effect on the survival rate of the different species studied. However, they differ from the results reported by Crechi *et al.* (1992) and Crechi *et al.* (1996), who point out a highly significant effect of the plantation density over the survival rate.

de *P. taeda* con nueve densidades disminuye al elevarse el número de árboles  $\text{ha}^{-1}$ . Así como con Mas *et al.* (1983) autores que consignan para seis especies de *Pinus* y una de *Fraxinus* sp., con varios espaciamientos; la falta de efectos significativos del espaciamiento inicial sobre el crecimiento en altura, diámetro y en la supervivencia.

Con los datos de la supervivencia promedio, se procedió a realizar el análisis de varianza sin que se obtuvieran diferencias significativas entre los tratamientos probados, con un nivel de significancia del (0.01%). El coeficiente de variación fue de 12.17%, aceptable por la poca variabilidad de los datos de campo (Cuadro 4).

El índice de supervivencia general de las unidades experimentales evaluadas fue de 57.29% (a los 6 años de establecimiento), el intervalo varió de 52.80 y 61.78%. La supervivencia puede ser susceptible de incrementarse, en la medida que se prevengan las causas de mortandad.

Del total de árboles plantados inicialmente, a los seis años del establecimiento sobrevivió 57.29%, de los dos tratamientos. De igual forma no hubo diferencia significativa entre los espaciamientos (Figura 4).

The decrease in the number of trees  $\text{ha}^{-1}$  was mainly due to the damage caused by moles (*Geomys bursarius* Shaw), which destroyed 25% of the population. García and Aguilar (1996) state that the decrease trend of the plants attacked by such rodent is one of the main causes of death in forest plantations in Michoacan.

*P. greggii* was produced in a nursery using a technical tray system, which caused an estimated death rate of 12% during the first months of the plantations, since the plants produced in such a way have a lower survival rate than those produced in containers. Results are consistent with those of Cano (1998), whose seedling survival rate 30 days after transplantation into the field was 100% for plants grown using the traditional system, and 81% for those grown using the technical system.

In both production systems, survival rate in field was lower in later samplings, in contrast with the first assessment. However, the tendency remained the same: it was higher in vegetable material produced using the traditional system. Three months after planting, its survival rate was 91% vs 61% of the material produced with the technical system, and 72% vs 20% five months after planting. In the case of *P. greggii* (Figure 5), 5.23% of mortality can be attributed to the lack of care taken from the moment the plant leaves the nursery to the moment of plantation.

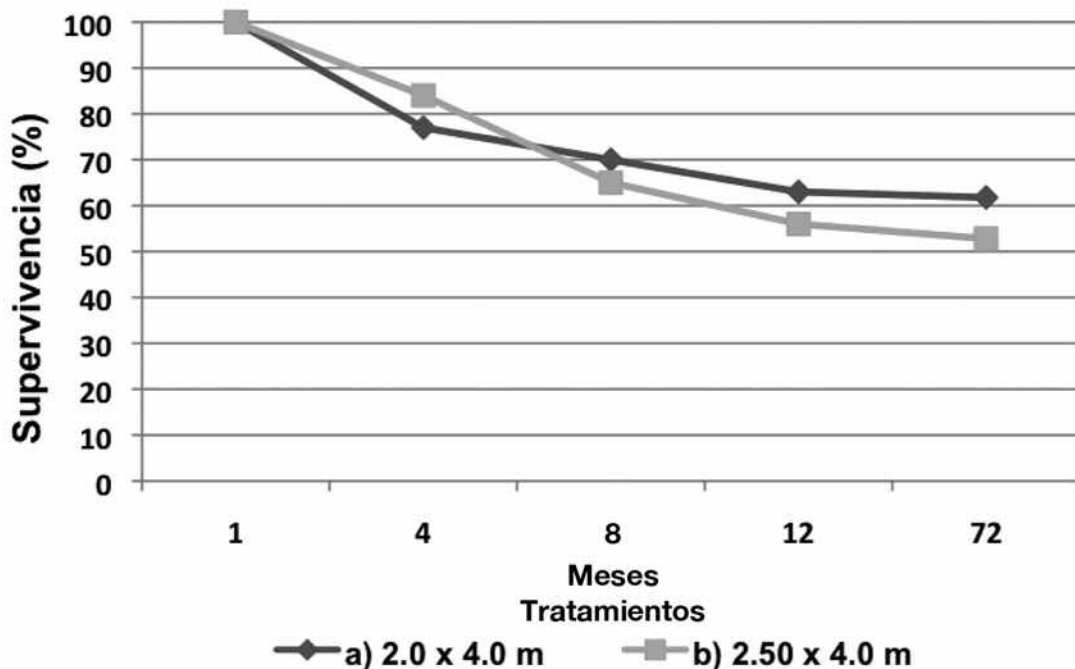


Figura 4. Supervivencia en porcentaje de la plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida con dos espaciamientos, a la edad de seis años.

Figure 4. Survival rate (%) at age six of the *Pinus greggii* Engelm. plantation established with two different spacings.

Estos resultados concuerdan con los dos de Mas *et al.* (1983) en los que la supervivencia tampoco se apreció ningún efecto significativo del espaciamiento inicial sobre la supervivencia en las diversas especies ensayadas. Aunque difieren de Crechi *et al.* (1992) y Crechi *et al.* (1996), quienes citan un efecto altamente significativo de la densidad de plantación sobre la supervivencia.

La reducción del número de árboles ha<sup>1</sup> se debió, principalmente, a los daños causados por tuzas (*Geomys bursarius* Shaw), pues se perdió hasta 25% de la población. A su vez, García y Aguilar (1996) afirman que la tendencia en la disminución de las plantas atacadas por este roedor es uno de los principales problemas de mortalidad en las plantaciones forestales establecidas en Michoacán.

La producción en vivero de *P. greggii* se hizo en el sistema tecnificado de charolas, lo cual originó una mortandad estimada en 12 %, durante los primeros meses de establecida la plantación, ya que las plantas producidas de esa forma tienen menor supervivencia que las de envase. Los resultados son coincidentes con lo de Cano (1998), cuya supervivencia de plántulas a los 30 días de trasplantados en el campo, para las plantas obtenidas bajo el sistema tradicional fue de 100 %; mientras que las del método tecnificado tan solo alcanzó 81 %.

En ambos sistemas de producción, la supervivencia en campo se redujo en los muestreos posteriores, con respecto a la primera evaluación; sin embargo, se mantuvo la tendencia a ser superior en el material vegetal producido en el sistema tradicional, ya que sus valores fueron de 91% vs 61% en el tecnificado, a los 3 meses y de 72% vs 20% a los cinco meses de plantadas. A la falta de cuidados que debe tener la planta, desde que sale del vivero hasta el momento de su plantación se le atribuye 5.23 % de la mortandad en la plantación de *P. greggii* (Figura 5).

A la edad de seis años, la supervivencia de *P. greggii* en los dos espaciamientos fue de 52.80 y 61.78%, respectivamente, aceptable en comparación con las coníferas promisorias para reforestaciones en la Sierra Purhépecha, ya que solo es superada por *P. douglasiana* y *P. montezumae* (García, 1996).

Estado fitosanitario de la plantación. En general fue sano (88%), con 12% de los individuos estaban infectados por la mariposa resinera (*Dioryctria* sp.), debido a que el propietario de la plantación realizó algunas podas sin considerar la mejor época, ni la forma y herramientas adecuadas para realizarlas.

### Incremento medio anual en altura (IMAA)

El incremento medio anual en altura (IMAA), a los seis años, presentó valores que van de 1.15 y 1.23 m año<sup>-1</sup>, los cuales no sugieren diferencias importantes entre sí; sin embargo, denota un buen ritmo de crecimiento en altura, ya que a una densidad similar tuvo los valores más grandes a los máximos registrados

At age six, the survival rate of *P. greggii* in both spacings was 52.80 and 61.78%, respectively. Such rate is acceptable, in contrast with that of the promising conifers used for reforestation in Sierra Purhépecha, since it is only exceeded by that of *P. douglasiana* and *P. montezumae* (García, 1996).

Phytosanitary state of the plantation. In general terms it was healthy (88%), but 12% of individuals were infected by a pest of *Dioryctria* sp., because the owner pruned them without taking into consideration which was the best season, what shape he should give them and which were the adequate tools.

### Average Annual Height Growth (IMAA)

The average annual height growth (IMAA, for its Spanish acronym), at six years, showed values that range from 1.15 to 1.23 m year<sup>-1</sup>, which are not considerably different from each other. However, it does represent a good height growth rate, since, at a similar density, it showed the highest values in contrast with the maximum growth values recorded in plantations established in the Sierra Purhépecha, which are 1.03 m year<sup>-1</sup> for *P. patula*, 1.07 m year<sup>-1</sup> for *P. pseudostrobus*, 0.88 m year<sup>-1</sup> for *P. douglasiana* and 1.05 m year<sup>-1</sup> for *P. herrerae* (García, 1996).

It should be said that *P. patula* and *P. greggii* are both alien species. When compared to each other, the results of the latter widely exceed those of the first at similar densities (García, 1996).

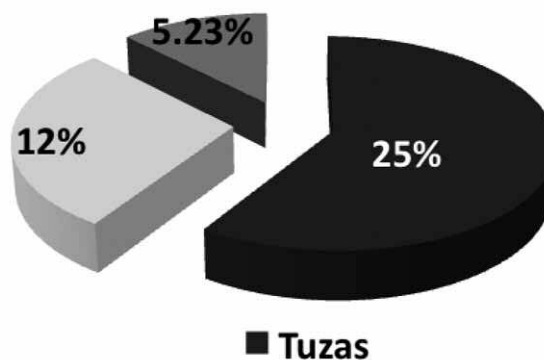


Figura 5. Mortalidad en porcentaje (%) de la plantación de *Pinus greggii* Engelm. establecida con dos espaciamientos a la edad de seis años en Cheranástico, municipio Paracho, Michoacán.

Figure 5. Death rate (%) at age six of the *Pinus greggii* Engelm. plantation established with two different spacings in Cheranástico, Paracho municipality, Michoacan.

en plantaciones establecidas en la Sierra Purhépecha, que son de 1.03 m año<sup>-1</sup> para *P. patula*, de 1.07 m año<sup>-1</sup> en *P. pseudostrobus*, 0.88 m año<sup>-1</sup> en *P. douglasiana* y 1.05 m año<sup>-1</sup> para *P. herrerae* (García, 1996).

Cabe mencionar que *P. patula* y *P. greggii* son especies exóticas en la región y al compararlas entre sí, esta última superó ampliamente los resultados con densidades similares (García, 1996).

### Incremento medio anual en diámetro (IMAD)

Los resultados del IMAD, a la edad de seis años, para *P. greggii*, fluctúan de 1.94 a 2.06 cm año<sup>-1</sup>, y denotan buen incremento, con respecto al de otras nativas y una exótica empleadas en plantaciones forestales en la Sierra Purhépecha donde *P. herrerae*, *P. patula*, y *P. pseudostrobus* presentan un IMAD de 2.1, 1.8 y 1.5 cm año<sup>-1</sup>, respectivamente (García, 1996).

Los resultados del crecimiento en altura y diámetro, así como en supervivencia, muestran el potencial de *P. greggii* para utilizarse en plantaciones con fines agroforestales y comerciales en condiciones edafo-climáticas similares a las obtenidas de la Sierra Purhépecha, información que se confirma con lo registrado por Muñoz *et al.* (2009).

## CONCLUSIONES

El efecto del espaciamiento sobre el crecimiento en altura exhibió una diferencia altamente significativa entre los dos tratamientos, y en el espaciamiento menor (densidad de 1,250 árboles ha<sup>-1</sup>) los árboles presentaron una mayor altura.

El crecimiento en diámetro fue superior en el espaciamiento 2.0 x 4.0 m, con diferencias significativas respecto al espaciamiento 2.50 x 4.0 cm.

El índice de supervivencia general de la plantación fue de 57.29 % a los seis años de su establecimiento, el cual se podría incrementar si se emplea planta de calidad producida en el sistema tradicional y mejores medidas de control de las tuzas.

El IMAA de *P. greggii* denota un buen ritmo de crecimiento en altura, ya que a una densidad similar superó a los valores máximos registrados por diferentes especies promisorias para reforestaciones en la Sierra Purhépecha.

El IMAD de *P. greggii* es mayor, respecto a otras especies consideradas de rápido crecimiento, tanto nativas como introducidas en el estado de Michoacán.

Al considerar la capacidad productiva del suelo, además de la densidad de plantación se deberá emplear el

### Average Annual Diameter Growth (IMAD)

The results of the IMAD (for its Spanish acronym) of *P. greggii* at the age of six range from 1.94 to 2.06 cm year<sup>-1</sup>, which is a positive increase in relation to that of the other native and of one exotic used in forest plantations in Sierra Purhépecha, where *P. herrerae*, *P. patula*, and *P. pseudostrobus* had an IMAD of 2.1, 1.8 and 1.5 cm, respectively (García, 1996).

The results of growth in height and diameter, as well as in terms of survival rate, show the potential of using *P. greggii* in plantations with agroforestry and commercial purposes in edafoclimatic conditions similar to those found in the Sierra Purhépecha. The records of Muñoz *et al.* (2009) confirm such information.

## CONCLUSIONS


The effect of spacing on height growth showed a highly significant difference in both treatments, and in the smaller spacing (density of 1,250 trees ha<sup>-1</sup>) trees showed a greater growth in height.

The growth in diameter was greater in the 2.0 x 4.0 m spacing, with significant differences when compared to that in the 2.50 x 4.0 cm spacing.

The general survival rate of the plantation after the first six years was 57.29%, which could increase if quality plants produced with the traditional system were used, and better measures for controlling moles were implemented.

The IMAA of *P. greggii* denotes a good height growth rhythm, since at a similar density it exceeded the maximum registered values of different promising reforestation species in Sierra Purhépecha.

The IMAD of *P. greggii* is greater, in contrast with other fast growing species that were considered, whether native or introduced to the state of Michoacan.

When considering soil productive capacity, the 2.0 x 4.0 m spacing should be used, apart from the plantation density, since this spacing resulted in a better development of both height and diameter. 

*End of the English version*

espaciamientos de 2.0 x 4.0 m, el cual presentó un mejor desarrollo en altura y diámetro. 

## REFERENCIAS

- Bermejo V., B. 1980. Estudio de variación de características morfológicas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* Martínez en Chiapas. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. México. 78 p.
- 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 Posgraduados. Montecillo, Texcoco, Edo. de Méx., México. 80 p.
- Castellanos B., J. F. y M. Ruiz. 1993. Introducción del *Pinus greggii* Engelm. en la Mixteca Alta Oaxaqueña. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. SARH. Centro de Investigación Pacífico Sur. Yanhuatlán, Oax., México. Folleto de Investigación Núm. 1. 18 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2005. Informe sobre los recursos forestales en el mundo. <http://www.presidencia.gob.mx/buenasnoticias/index.php?contenido=16205> (20 de julio de 2006).
- Crechi H., E., A. R. Fernández y A. R. Friedl. 1992. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento de *Pinus taeda*. In: Actas de las jornadas sobre Pinos subtropicales. INTA-CIEF-FCF. El dorado, Misiones. Argentina. pp. 92-110 <http://www.territorioidigital.com/chacravirtual/sitio.asp?publicaciones/resumenes> (20 de enero de 2006).
- Crechi E., H., A. R. Fernández, H., Fassola, A. R., Friedl, Reboratti, y H. Kuzdra. 1996. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento hasta el sexto año en *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. Misiones, Argentina. <http://www.territorioidigital.com/chacravirtual/sitio.asp?publicaciones/resumenes> (4 de marzo de 2006).
- Daniel T., W. V., J. A. Helms y F. S. Backer. 1982. Principios de silvicultura. Mc-Graw Hill. México, D.F. México. 492 p.
- De la Paz O., C. 1981. Anatomía de la madera de 16 especies de coníferas. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Boletín Técnico Núm. 69. México, D.F., México. 111 p.
- Din U., A. 1958. *Pinus* para las regiones tropicales. UNASYLVA. 12 (3) 12-13.
- Dirección General del Estudio de Territorial Nacional. (DETENAL). 1974. Descripción de la leyenda de la carta edafológica. FAO/UNESCO. México, D. F. México. 104 p.
- Dvorak, W. S. 1996. Copias del proyecto del capítulo de *Pinus greggii* Engelm. para el manual de semillas tropicales (para ser publicadas en 1988). Descripción de la leyenda de carta edafológica. FAO/UNESCO. Folleto explicativo. Raleigh, NC., USA. 104 p.
- Dvorak, W. S. y J. K. Donahue. 1993. Reseña de investigaciones de la cooperativa CAMCORE 1980-1992. Departamento Forestal, Colegio de Recursos Forestales. Universidad Estatal de Carolina del Norte. Raleigh, NC. USA. 94 p.
- Eguluz P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis Profesional. Departamento de Bosques. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. Chapingo. Edo de Méx., México. 64 p.
- Farjon A., J. A. Pérez de la Rosa and B. T. Styles. 1997. A field guide to the pines of México and Central America. The Royal Botanic Gardens. Kew, UK. 151 p.
- Fassola, H. E., F. A. Moscovich, C. M. Domecq, P. Ferrere, S. Lacorte, H. Hampel, C. Moletti y D. Alegranza. 2004. Regulación de la densidad en rodales de *Grevillea robusta* A. Cunn., para la producción de madera de calidad y forraje en el sur de la provincia de Misiones. RIA 33 (1): 15-37. <http://www.inta.gov.ar/ediciones/ria/33/02.pdf> (16 marzo de 2006).
- Fahler, J. C., E. G. Orozco, C. M. Di Lucca, y S. Giménez. 1986. Comportamiento de 10 diferentes densidades de plantación inicial en *Pinus taeda* a los 8 años de edad en suelos de la unidad cartográfica (CARTA), en la provincia de Misiones. INTA. Cerro Azul, Misiones. Argentina. Informe Técnico N° 46. 14 p. <http://www.territorioidigital.com/chacravirtual/sitio.asp?publicaciones/resumenes> (24 de agosto del 2006).
- Fernández R. A., E. Crechi y H. R. Friedl. 1991. Efecto de la densidad de plantación sobre el crecimiento en *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktzc. In: Actas VI Jornadas Técnicas: Inventarios, Modelos de Producción y Crecimiento Forestal. ISIF-FCF UNAM. El Dorado, Misiones. Argentina. pp. 291-305. <http://www.territorioidigital.com/chacravirtual/sitio.asp?publicaciones/resumenes> (2 de mayo de 2006).
- García M., J. J. 1996. Coníferas promisorias para reforestaciones en la Sierra Purhépecha. Uruapan, Michoacán, México. INIFAP. CIRPAC. Agenda Técnica Núm. 2. 79 p.
- García M., J. J. Muñoz F., H. J. Sáenz R., T y J. J. García S. 2006. Plantaciones Forestales en la Sierra Purhépecha de Michoacán. Cien. For. en Méx. 31 (99): 7-26.
- García, M., J. J. y M. Aguilar R. 1996. Comportamiento de cuatro especies de pino establecidos en cuatro espaciamientos en Capacuaro, Michoacán. México. INIFAP. CIRPAC. Folleto técnico Núm. 6. 26 p.
- Huchim Ch., A. 1993. Evaluación de una plantación de *Pinus patula* en Angahuan Michoacán. Tesis Profesional. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo Facultad de Agrobiología. Especialidad Bosques. Uruapan, Michoacán. México. 36 p.
- Martínez G., A. 1988. Diseños experimentales. Editorial Trillas S.A. México, D. F. México. pp. 118-160.
- Martínez M. 1948. Los pinos mexicanos. Editorial Botas. 2ª edición. México. D. F. México. 361 p.
- Mas P., J., J. García M. y O. Pardo A. 1983. Ensayo de plantaciones forestales en el Campo Experimental Forestal "Barranca de Cupatitzio" SARH. SFF. INF. Uruapan, Michoacán. México. 63 p.
- Mas P., J. 2003. Guía práctica para el establecimiento de plantaciones forestales. Gobierno del Estado de Michoacán. Comisión Forestal del Estado de Michoacán. Boletín Técnico Núm. 5. Volumen 1. 52 p.
- Muñoz F., H. J. 1997. Plantación de *Pinus pseudostrobus* Lindl., a raíz desnuda y en envase con dos sistemas de preparación del terreno. Cien. For. en Méx. 22 (82): 33-58.
- Muñoz F., H. J., V. Coria A., T. Sáenz R., F. Villaseñor R. y J. García M. 2009. *Pinus greggii* Engelm., especie con potencial para plantaciones comerciales o agroforestales en el estado de Michoacán. In: Memoria IV Reunión Nacional de Innovación Agrícola y Forestal. Saltillo, Coahuila. México. pp. 351.
- Musálem, M. A. y G. Martínez C. 2003. Monografía de *Pinus greggii* Engelm. Libro Técnico. No. 9. División Forestal. INIFAP-SAGARPA-CONACYT-CONABIO. El Horno, Chapingo, Edo. de Méx., México. 341 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2005. Evaluación de los recursos forestales mundiales. Roma, Italia. 320 p. [http://www.mgap.gub.uy/Forestal/FRA%202005.pdf#search=%22Evaluaci%C3%B3n%20de%20los%20Recursos%20Forestales%20Mundiales%202005%20\(FRA%202005\)%2C%2022](http://www.mgap.gub.uy/Forestal/FRA%202005.pdf#search=%22Evaluaci%C3%B3n%20de%20los%20Recursos%20Forestales%20Mundiales%202005%20(FRA%202005)%2C%2022) (28 de agosto de 2006).
- Perry J., P. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, OR USA. 231 p.
- Pujato J. y M. Marlatz R. 1983. Datos de crecimiento y producción de *Araucaria angustifolia* a los 9 años de edad para 10 espaciamientos iniciales diferentes (Informe Preliminar). In: XIX Congreso de ATIPCA. Buenos Aires. Argentina. pp. 25-41.
- Vargas H., J. J. y A. Muñoz. O. 1988. Resistencia a sequía: Crecimiento y supervivencia en plántulas de cuatro especies de *Pinus*. Agrociencia 72 (2): 197-208.
- Zobel B., J y J. Talbert T. 1994. Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales. Limusa. México, D. F. México. 545 p.