



Planting dates and their influence on the development of *Pinus pseudostrobus* Lindl., in Michoacan, Mexico.

Fechas de plantación y su influencia en el desarrollo de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en Michoacán, México.

Muñoz-Flores, H. J.¹, Sáenz-Reyes, J. T.¹, Barrera-Ramírez, R.², Hernández-Ramos, J.³,
García-Magaña, J. J.⁴, Castillo-Quiroz, D.⁵.

¹Campo Experimental Uruapan. INIFAP. Av. Latinoamericana No. 1101, Col. Revolución C.P. 60150 Uruapan, Michoacán. México.

²Estudiante de Doctorado de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León. México.

³Campo Experimental Chetumal. INIFAP. CIRSE.

⁴Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez"
Uruapan, Michoacán. Ave. Lázaro Cárdenas S/N. Uruapan, Michoacan. México.

⁵Campo Experimental Saltillo. INIFAP. Carretera Saltillo-Zacatecas km 8.5 No. 9515
Col. Hacienda de Buenavista Saltillo, C.P. 25315. Coahuila de Zaragoza, México.

Cite this paper/Como citar este artículo: Muñoz-Flores, H. J., Sáenz-Reyes, J. T., Barrera-Ramírez, R., Hernández-Ramos, J., García-Magaña, J. J., Castillo-Quiroz, D.: (2019). Planting dates and their influence on the development of *Pinus pseudostrobus* Lindl., in Michoacán, Mexico. *Revista Bio Ciencias* 6, e524. doi: <https://doi.org/10.15741/revbio.06.e524>



ABSTRACT

In the state of Michoacán, forest plantations are carried out using mostly species of *Pinus*, *Eucalyptus* and *Cupressus*. However, seedlings survival rate at the following year is on average 37.8 %, and late planting dates are among the causal factors of mortality. The aim of this work was to evaluate the survival rate and development of *Pinus pseudostrobus* Lindl. seedlings, established in five different planting dates in land lots of the Indigenous Community of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. The plantation was established in July and August 2013, with a spacing of 2.0 x 2.0 m and five planting dates (July 1st, 15th and 30th, and August 15th and 30th), following a randomized complete-block experimental design, with five repetitions of 25 plants per repetition, 100 plants per treatment. Total

Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: June 8th 2018.

Accepted/Aceptado: October 18th 2018.

Available on line/Publicado: March 21st 2019.

RESUMEN

En el estado de Michoacán se realizan plantaciones forestales empleando principalmente especies de *Pinus*, *Eucalyptus* y *Cupressus*. Sin embargo, la supervivencia de las plántulas al año siguiente es en promedio de 37.8 %, y entre los factores causales de la mortandad están las fechas de plantación tardías. El objetivo fue evaluar la supervivencia y desarrollo de *Pinus pseudostrobus* Lindl., establecida con cinco fechas de plantación en terrenos de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán. La plantación se estableció en julio y agosto de 2013, con espaciamento de 2.0 x 2.0 m y se evaluaron cinco fechas de plantación, (1, 15, 30 de julio, y 15 y 30 de agosto), bajo un diseño experimental de bloques completos al azar, con cinco repeticiones de 25 plantas por repetición, 100 plantas por tratamiento. Se evaluó la altura total, diámetro de la base de la planta y la supervivencia. A dos años se determinó diferencias estadísticas en altura ($p < 0.0001$); la fecha 1 y 2 (157 y 157.8 cm), presentaron mayor crecimiento respecto a las fechas tardías de plantación al igual que en diámetro de la base de la planta. No se encontraron diferencias significativas en

*Corresponding Author:

David Castillo-Quiroz. Campo Experimental Saltillo. INIFAP. Carretera Saltillo-Zacatecas km 8.5 No. 9515, Col. Hacienda de Buenavista Saltillo, C.P. 25315. Coahuila de Zaragoza, México. E-mail: castillo.david@inifap.gob.mx

height, diameter at the base of the plant and survival rate were evaluated two years after the plantation. Statistical differences in height were found ($p < 0.0001$). The planting dates 1 and 2 (157 and 157.8 cm) presented a higher growth in comparison to late planting dates, as well as diameter at the base of the plant. No significant differences were found considering survival rates. Water availability on planting dates 1 and 2 was higher and influenced a higher growth in diameter and height in *Pinus pseudostrabus*.

KEY WORDS

Planting date, *Pinus pseudostrabus*, growth, forest plantations, survival rate.

Introduction

The land use in the state of Michoacán is considered with a forest vocation, since this state ranks the third national place in timber production, the first place in resin production and the fifth place in biodiversity (COFOM, 2015). In the state, the establishment of forest plantations has been promoted, mainly using species of the genera *Pinus*, *Eucalyptus* and *Cupressus*. with purposes of conservation and restoration of areas in degraded soils without use by agricultural crops, zones of degraded forest, or for planning and executing management plans of river basins, among others (SEMARNAT, 2011 a,b; SEMARNAT, 2013).

In Mexico, the annual mortality rate of forest plantations was 60 % in 2007 (SEMARNAT, 2011a), 55.6 % in 2009 (UANL, 2009; UACH, 2010), and 43 % in 2016 (CONAFOR, 2016). An assessment of reforestations established in the state of Michoacán revealed that the seedling survival rate at the following year after plantation was 37.8 %, due to the inadequate selection of species and provenances, low-quality seedlings, the scarce preparation of the plantation sites, no weed control, late planting dates, and others (Sáenz & Lindig, 2004).

The Indigenous Community of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán has a total surface of 18,138 ha⁻¹, of which 10,870 ha⁻¹ are covered by forests, whereas the rest of the surface (7,268 ha⁻¹) has diverse uses, where there is a high potential for the establishment of

la variable supervivencia. La disponibilidad hídrica en la fecha 1 y 2 fue mayor e influyó en un mayor crecimiento en diámetro y altura en *Pinus pseudostrabus*.

PALABRAS CLAVE

Fecha de plantación, *Pinus pseudostrabus*, crecimiento, plantaciones forestales, supervivencia.

Introducción

El uso del suelo en el estado de Michoacán es considerado con vocación forestal, debido a su producción de madera, de la cual ocupa el tercer lugar nacional, el primer lugar en producción de resina y quinto lugar en biodiversidad (COFOM, 2015). En la entidad se promueve el establecimiento de plantaciones forestales en su mayor parte con especies del género *Pinus*, *Eucalyptus* y *Cupressus*, con objetivos de conservación y restauración de áreas en suelos degradados sin uso por cultivos agrícolas, zonas de bosques degradados o para la planeación y ejecución de planes de manejo de cuencas, entre otros (SEMARNAT, 2011 a,b; SEMARNAT, 2013).

En México la tasa anual de mortandad de las plantaciones en 2007 fue de 60 % (SEMARNAT, 2011a), en 2009 de 55.6 % (UANL, 2009; UACH, 2010); y 43 % en 2016 (CONAFOR, 2016). Como resultado de una evaluación realizada a las reforestaciones establecidas en la entidad, se estimó que la supervivencia de las plántulas al año siguiente fue de 37.8 %. Entre los factores causales de mortandad se mencionan la selección inadecuada de especies y procedencias, planta de mala calidad, escasa preparación del sitio de plantación y control de las malezas, fechas de plantación tardía, entre otros factores (Sáenz & Lindig, 2004).

La Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, cuenta con una superficie total de 18,138 ha⁻¹ de las cuales 10,870 ha⁻¹ son arboladas, el resto (7,268 ha⁻¹) son de uso diverso, donde se tiene buen potencial para el establecimiento de plantaciones forestales. Algunas de las ellas datan desde la década de los 70s, con especies introducidas del género *Pinus* principalmente y *Cupressus* en pequeña escala (Aguilar, 2008). La fecha de plantación es considerada como un factor fundamental dentro de las plantaciones forestales, sin embargo, los estudios que se han realizado sobre la influencia de esta variable

forest plantations. Some of them date back to the 1970s, with introduced species, mainly of the *Pinus* genus, and *Cupressus* on a small-scale (Aguilar, 2008). The planting date is considered as a fundamental factor in forest plantations. However, the studies about its influence on the response of plant establishment in the plantation site are scant (Serrada *et al.*, 2005; Cortina *et al.*, 2006 and 2013), although this variable determine the subsequent evolution of environmental conditions that directly influence survival rate in a higher percentage (Navarro *et al.*, 2006 a; Palacios, 2016).

Some authors point out that the survival rate of pine and oak species is affected by the combined effect of the planting date, the site preparation and the plant quality (Navarro & Palacios, (2004); Rodríguez & Cerrillo, 2005; Palacios, 2016). Other researches emphasize that the planting date for *Pinus* species in Mediterranean climates does not significantly affect the survival rate, but significantly influences the growth in height, the diameter at the base, the slenderness index and the hydric potential. Also, it was suggested that in all measurement dates, the growth in height and diameter were higher for early planting dates than for late planting dates (Royo *et al.*, 2000; Ariza *et al.*, 2008). Similarly, in Mexican pine species under experimental conditions, the growth in height was larger at the first planting dates than at the second planting date, due to climatic conditions favoring their subsequent development in field (Rodríguez, 2013). The objective of this study was to assess the survival rate and development of *Pinus pseudostrobus* Lindl. seedlings, established at five planting dates, in land lots belonging to the Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán (CINSJP).

Materials and Methods

Study area.

The plantation was located in a site called “El Tejamanil”, in the Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán (CINSJP), Michoacán, in the coordinates 19° 24'16.7" north latitude and 102° 14'12.7" west longitude, at an average altitude of 2,735 masl. It is part of the Trans-Mexican Volcanic Belt, the Balsas River (HR18) Hydrologic Region, and the Cupatitzio River (G) Sub-basin (INAFED, 2018). Climate is humid temperate with summer rains C (m) (w) (Köppen modified by Garcia, 1973), and a percentage of winter rains lesser than 5 %. Predominant soil is humic Andosol (78.31 %), Luvisol

en respuesta al establecimiento de la planta en el sitio de plantación, no es tan amplia (Serrada *et al.*, 2005; Cortina *et al.*, 2006 y 2013), a pesar de ser uno de los factores que determina la evolución posterior de las condiciones ambientales que influyen directamente en un porcentaje mayor para la supervivencia (Navarro *et al.*, 2006a; Palacios, 2016).

Algunos autores señalan que la supervivencia de especies de pino y encino se ve afectada por el efecto combinado de la fecha de plantación, la preparación de terreno y la calidad de planta (Navarro & Palacios, 2004; Rodríguez & Cerrillo, 2005; Palacios, 2016). Otras investigaciones resaltan que la fecha de plantación para especies del género *Pinus* en climas mediterráneos, no influye significativamente en la supervivencia, pero sí en el crecimiento en altura, diámetro de la base de la planta, índice de esbeltez y el potencial hídrico, además, señalan que en todas las fechas de medición, el crecimiento en altura y diámetro fue mayor en las plantaciones tempranas respecto a las plantaciones tardías (Royo *et al.*, 2000; Ariza *et al.*, 2008). En forma similar, en especies del género *Pinus* nativas de México, bajo condiciones experimentales se determinó que, en las primeras fechas de plantación, se obtuvo mayor crecimiento en altura, respecto a la segunda fecha de plantación, debido a las condiciones climáticas que favorecieron el desarrollo posterior en campo (Rodríguez, 2013). El objetivo del presente trabajo fue evaluar la supervivencia y desarrollo de *Pinus pseudostrobus* Lindl., establecida en cinco fechas de plantación en terrenos de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán (CINSJP).

Materiales y Métodos

Área de estudio.

La plantación se encuentra ubicada en el paraje “El Tejamanil” de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán (CINSJP), Michoacán, en las coordenadas 19° 24'16.7" latitud norte y 102° 14'12.7" longitud oeste, a una altitud media de 2,735 masl. Forma parte del Eje Neovolcánico transversal, región hidrológica HR: 18 (Río Balsas), y Subcuenca G (Río Cupatitzio) (INAFED, 2018). El clima es templado húmedo con lluvias en verano C (m) (w) (Köppen modificado por García, (1973), y un porcentaje de lluvia invernal menor a 5 %. El suelo dominante es Andosol húmico (78.31 %), suelo secundario Luvisol (12.79 %) y Regosol (8.9 %) (INEGI, 2009; UNDP, 2012). La vegetación aledaña al sitio de plantación, está

secondary soil (12.79 %) and Regosol (8.9 %) (INEGI, 2009; UNDP, 2012). Surrounding vegetation to the plantation site is shaped basically by native mixed pine-oak forest, mainly with *P. pseudostrobus* and *Pinus montezumae* Lamb. trees. The mean slope of the site was 5 %. The site was used previously for agriculture and cattle grazing.

Plant characteristics. Plants were produced in "El Durazno" forest nursery of the CINSJP. *Pinus pseudostrobus* plants was produced in 5 x 20 cm black polyethylene bags (1+1) with 393 mL volume, used substrate had 60 % of oak soil (decaying litterfall) and 40% of ginger soil (topure-andosol soil). Initial average in height and diameter at the base of the plant when establishing the plantation was 35.81 ± 3.2 cm and 9.0 ± 1.2 mm respectively.

Plantation establishment. The planting was conducted at the beginning of the rainy season (July-August) in the region of the CINSJP. The planted seedlings had 24 months in the forest nursery. The first planting date was on July 1st of 2013 and every 15 days an experimental lot was planted. The planting was realized with the 40 x 40 x 40 cm planting hole system, under real frame distribution, and 2.0 x 2.0 m spacing between rows. The plantation site had a previous agricultural use, therefore, soil preparation was not done. The assessed treatments are presented in Table 1.

Experimental design and assessed variables. A randomized complete-block design was used, with five

conformada básicamente por bosques mixtos de pino-encino; compuesta principalmente *Pinus pseudostrobus* y *P. montezumae*. La pendiente media del paraje fue de 5 %, anteriormente el terreno estaba destinado para uso agrícola y pastoreo de ganado bovino.

Características de la planta. La planta se produjo en el vivero forestal "El Durazno" de la CINSJP. La planta de *Pinus pseudostrobus* fue producida en bolsa de polietileno negro (1+1) de 5 x 20 cm y con una capacidad de volumen de 393 mL, el sustrato utilizado fue 60 % de tierra de encino (hojarasca en descomposición) y 40 % de tierra colorada (topure-suelo andosol). El promedio inicial en altura y diámetro a la base de la planta al momento de establecer la plantación fue de 35.81 ± 3.2 cm y 9.0 ± 1.2 mm respectivamente.

Establecimiento de la plantación. La plantación se realizó durante el inicio de la temporada de lluvias (julio-agosto) en la región de la CINSJP, Las plantas utilizadas tenían 24 meses en viverización. La primera fecha de plantación fue el 1 de julio de 2013 y cada 15 días se plantó un lote experimental. La plantación se realizó con el sistema de cepa común 40 x 40 x 40 cm, bajo la distribución de marco real, a espaciamiento de 2.0 x 2.0 m entre calles e hileras. El sitio donde se realizó la plantación era de uso agrícola, por lo tanto, no se realizó preparación del suelo. Los tratamientos evaluados se presentan en el Tabla 1.

Diseño experimental y variables evaluadas. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con cinco

Table 1.
Treatments assessed at five planting dates of
***Pinus pseudostrobus* Lindl. in the CINSJP, Michoacan.**

Tabla 1.
Tratamientos evaluados en cinco fechas de plantación de
***Pinus pseudostrobus* Lindl. en la CINSJP, Michoacán.**

| Treatment | Planting dates |
|-----------|--------------------------------|
| 1 | July 1 st , 2013 |
| 2 | July 15 th , 2013 |
| 3 | July 30 th , 2013 |
| 4 | August 15 th , 2013 |
| 5 | August 30 th , 2013 |

treatments (five planting dates) and 4 repetitions (blocks). Each experimental unit had 25 plants, a total of 100 plants per treatment. The first planting date was established on July 1st (F1), subsequently on July 15th (F2), July 30th (F3), August 15th (F4) and finally August 30th of 2013 (F5).

Assessed variables were: total plant height (cm), measured with a topographic rod (Apex model), set in cm; the diameter at the base of the plant (mm), measured with a Neiko digital Vernier calibrator; and the survival rate (alive or dead) through a direct count. In total, five measurements were realized per planting date, since its establishment on July 1st (F1), July 15th (F2), July 30th (F3), August 15th (F4) and August 30th (F5) of 2013, and subsequently at 4, 8, 12 and 24 months once each treatment was established on the corresponding planting date.

Data analysis

With the variables total height and diameter at the base of the plant, an analysis of variance (ANOVA-test) was performed with the STATISTICA software, version 13. Survival data were log-transformed to be analyzed. Planting date was chosen as the grouping variable (F1, F2, F3, F4 and F5). In those variables where significant differences were found, a Tukey's Multiple Comparisons test was performed ($p > 0.05$) with a confidence level of 95 %. The used mathematical model was the following:

$$Y_{ij} = M + A_i + B_j + A_i * B_j + (E_{ij})$$

Where:

Y_{ij} = random variable representing the value of the response in the j^{th} observation of the i^{th} treatment.

M = constant representing the average response of the Y variable.

A_i and B_j = effects of i treatment (i = Date: 1, 2, 3, 4 and 5) and j time (j = 1, 2 and 3 years).

$A_i * B_j$ = effect of i treatment – j time interaction.

E_{ij} = experimental error (Norman *et al.*, 1996).

Results and Discussion.

Growth in height. In all assessment periods, the established date on July 15th (F2) showed the highest growth in height, whereas it only presented similar growth to

tratamientos (cinco fechas de plantación) y 4 repeticiones (bloques). Cada unidad experimental estuvo compuesta por 25 plantas, un total de 100 plantas por tratamiento. La primera fecha de plantación se estableció el 1 de julio (F1), posteriormente el 15 de julio (F2), 30 de julio (F3), 15 de agosto (F4) y finalmente el 30 de agosto de 2013 (F5).

Las variables evaluadas fueron la altura total de la planta (cm) con ayuda de un estadal topográfico modelo Apex graduado en cm, el diámetro de la base de la planta (mm) se midió con un calibrador Vernier digital Neiko, la supervivencia (vivo o muerto) a través de conteo directo. En total se realizaron cinco mediciones por fecha de plantación, desde su establecimiento el 1 de julio (F1), 15 de julio (F2), 30 de julio (F3), 15 de agosto (F4) y 30 de agosto de 2013 (F5); y posteriormente, a los 4, 8, 12, y 24 meses de establecido cada tratamiento en la fecha correspondiente.

Análisis de los datos

Con las variables altura total y diámetro a la base de la planta, se realizó un análisis de varianza con el programa STATISTICA versión 13. Los datos de supervivencia, se transformaron a logaritmo natural para ser analizados; como variable de agrupación se trabajó la fecha de plantación (F1, F2, F3, F4 y F5). En aquellas variables donde se encontraron diferencias significativas, se efectuó una prueba de comparaciones múltiples de Tukey ($p > 0.05$) con límites de confianza del 95 %. El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = M + A_i + B_j + A_i * B_j + (E_{ij})$$

Donde:

Y_{ij} = variable aleatoria que representa el valor de la respuesta en la j -ésima observación del i -ésimo tratamiento.

M = constante que representa la respuesta media de la variable Y.

A_i y B_j = efectos del tratamiento i (i = Fecha: 1, 2, 3, 4 y 5) y del tiempo j (j = 1, 2 y 3 años).

$A_i * B_j$ = efecto de la interacción del tratamiento i por el tiempo j .

E_{ij} = error experimental (Norman *et al.*, 1996).

Resultados y Discusión

Crecimiento en altura. En todos los periodos de evaluación, la fecha establecida el 15 de julio (F2), mostró mayor crecimiento en altura, respecto a las demás fechas;

the other dates at the assessed year. After 24 months, the growth was higher in established dates from July 1st to 15th corresponding to planting date 1 and 2, respectively (Figure 1), since the average initial height of the plantation was of 35.81 cm, where there was a 122 cm growth at the end of the measurement period. Differences were maintained 157 ± 2.5 , 157.8 ± 4.1 , of plants established from July 1st to 15th compared to 132.3 ± 1.3 , 139 ± 2.1 of plants from August 15th to 30th. Moraga *et al.* (2000) obtained similar results, who in their study on the effect of planting date on growth in height in *Pinus halepensis* Mill., found that at the end of the first summer, differences between the plantation of higher growth (January) and lower growth (February) were 8 cm. These differences increased during the second year, and exceeded 20 cm.

Throughout the assessment period, the date corresponding to July 15th (F2) presented a higher growth in height in comparison to the rest of planting dates. Since the assessment at four months, the repeated-measures ANOVA revealed highly significant differences ($p < 0.0001$). Therefore, for each assessed period, significant differences were observed in 8 and 24 months (Table 2), where, F2

solo al año de evaluación, presentó crecimiento similar a las demás fechas. A los 24 meses, el crecimiento fue mayor en fechas establecidas del 1 y 15 de julio que corresponden a la fecha 1 y 2 respectivamente (Figura 1), ya que la altura inicial promedio de la plantación fue de 35.81 cm, existe un crecimiento de 122 cm al final del periodo de medición. Las diferencias se mantuvieron 157 ± 2.5 , 157.8 ± 4.1 , de las plantas establecidas del 1 al 15 de julio frente a 132.3 ± 1.3 , 139 ± 2.1 de las plantas del 15 al 30 de agosto. Resultados similares obtuvieron Moraga *et al.* (2000) quienes en su estudio del efecto de la fecha de plantación sobre el crecimiento en altura de *Pinus halepensis* Mill., encontraron que al final del primer verano, las diferencias entre la plantación de mayor crecimiento (enero) y la de menor (febrero) fueron de 8 cm. Estas diferencias aumentaron durante el segundo año, y llegaron a superar los 20 cm.

A lo largo del periodo de evaluación, la fecha que corresponde al 15 de julio (F2) presentó mayor crecimiento en altura respecto al resto de las fechas de plantación, desde la evaluación a los cuatro meses, el ANOVA de medidas repetidas reveló diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$), por lo tanto, para cada periodo evaluado, se puede observar que existen diferencias significativas a los

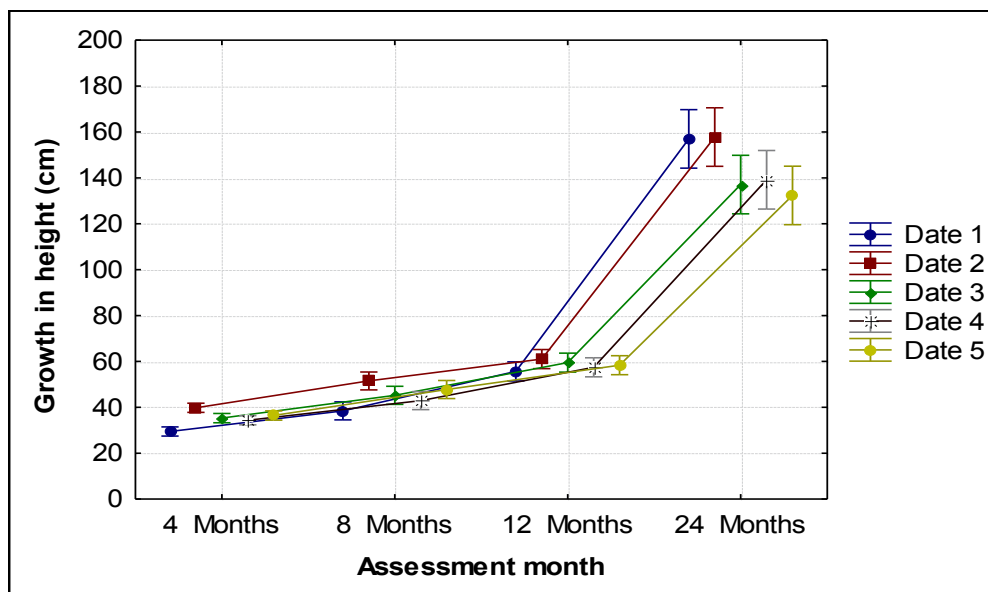


Figure 1. Growth in height of *Pinus pseudostrobus* Lindl. at five planting dates assessed at 4, 8, 12 and 24 months following its establishment in the CINSJP, Michoacan.

Figura 1. Crecimiento en altura de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en cinco fechas de plantación evaluadas a 4, 8, 12 y 24 meses de su establecimiento en la CINSJP, Michoacán.

stands out from the beginning (average initial height of 35.8 cm) with differences from 10 to 90 cm between each assessment period, In this case, the planting date had a significant effect on total height.

Data from the climatological station of “El Rosario,” close to the “El Tejamanil” planting site, showed that during the establishment of the two first planting dates in July of 2013, the precipitation was 541.40 mm, and the cumulative rainfall from July to December of the same year was 2,056.40 mm (Figure 2). These data showed that planting dates 1 and 2 presented an excellent growth in height, since they have a higher humidity availability for the subsequent development of the plant. Records of the same station indicated that in the two subsequent years (2014 and 2015) during the months in which the plantation was established, there was a slight decrease in precipitation (Figure 2). In planting dates 4 and 5, established on August 15th and 30th of 2013 respectively, the accumulated precipitation from August to December was 1,515 mm with a difference of 541.40 mm in comparison to the accumulated precipitation from July to December of the same year. Therefore, in late planting dates, plants presented a lower growth in height compared to early planting dates, due to the accumulated

8 y 24 meses (Tabla 2), donde, F2 sobresale desde el inicio (altura inicial promedio de 35.81 cm) con diferencias de 10 a 90 cm entre cada periodo de evaluación, en este caso, la fecha de plantación tuvo un efecto significativo en la altura total.

Los datos de la estación climatológica del Rosario, cercana a la plantación del paraje “El Tejamanil”, mostró que durante el establecimiento de las dos primeras fechas de plantación en julio de 2013, la precipitación fue de 541.40 mm, y la precipitación acumulada a partir de julio a diciembre del mismo año fue de 2,056.40 mm (Figura 2), estos datos demuestran que las fechas de plantación 1 y 2 presentaron un excelente crecimiento en altura, debido a que contaron con mayor disponibilidad de humedad para el desarrollo posterior de la planta; los registros de la misma estación, indicaron que en años posteriores (2014 y 2015) durante los meses en que se estableció la plantación, existió una ligera disminución en la precipitación (Figura 2); en las fechas 4 y 5, establecidas el 15 y 30 de agosto de 2013 respectivamente, la precipitación acumulada de agosto a diciembre fue de 1,515 mm con una diferencia de 541.40 mm respecto a la acumulada de julio a diciembre del mismo año, por lo tanto, en las fechas tardías presentó un menor crecimiento en altura a diferencia de las fechas tempranas de plantación, debido a la precipitación acumulada durante

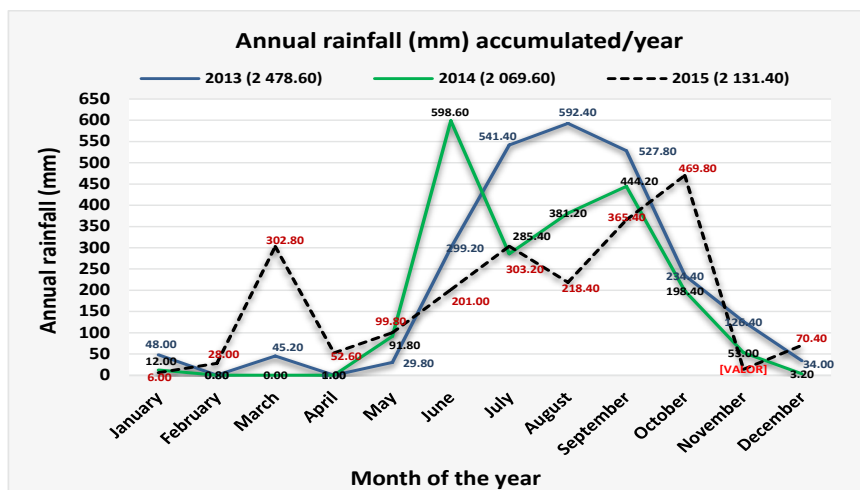


Figure 2. “Annual cumulative rainfall/year (mm), during the two-year experiment period of five planting dates (Climatological station “El Rosario”, municipality of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacan).

Figura 2. Datos de precipitación mensual/anual (mm), durante el periodo de dos años del experimento de cinco fechas de plantación (Estación climatológica “El Rosario” municipio de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán).

rainfall during its establishment. The effective use of water by plants is related to the root development after the establishment process. Therefore, the rainfall at a favorable planting date determines, to a higher extent, the seedlings growth and survival rate, subsequent to their establishment (Villar-Salvador *et al.*, 2015).

Monthly cumulative rainfall during July-August presented differences up to 300 mm from one year to another. During the plantation establishment in July 2013, the rainfall was higher, although it was reduced to 200 mm for the same planting period in the following year (2014). The same situation happened in 2015, for the plantation established in August (F4 and F5), the monthly cumulated precipitation decreased to 373 mm regarding the one presented during the same month in 2013.

In this regard, Larcher (2003), and Fitter & Hay (2012), pointed out that growth in height is attributed to humidity availability when establishing the plantation. The absence of significant differences for growth in height of some of the assessed periods is indicative of low water availability when establishing the plantation, despite it was established during the rainy season. Data analysis demonstrated that growth in height from one year to another is highly significant ($p \leq 0.0001$) (Table 2). Therefore, it is necessary to consider that a forest plantation in its first years depends on a wide number of climatic and technical factors. Since the climatic factors cannot be controlled (Sígala *et al.*, 2015), the importance of selecting an adequate planting date increases.

Similar results were recorded by Taylor (2007) in a plantation of *Pseudotsuga menziesii* Mirb., after assessing a growth period of 8 different planting dates (September-January), who concluded that growth in height of a plantation realized in October was the highest, in comparison to other planting dates. Similarly, Navarro-Cerrillo *et al.*, (2014) found significant differences in growth in height of *Pinus halepensis* when testing two early and two late planting dates. The treatment of the late planting date showed higher growth rates after the first assessed summer (early dates for the region).

Ariza *et al.* (2008), obtained similar results to those presented in this work. When implementing two plantations

su establecimiento. El uso eficiente del agua por parte de las plantas está relacionado con el desarrollo radicular de estas, tras el proceso de establecimiento, por lo tanto, la precipitación en una fecha de plantación favorable determina en gran medida el crecimiento y supervivencia de los brinzales posterior a su establecimiento (Villar-Salvador *et al.*, 2015).

La precipitación acumulada mensual durante julio-agosto, presentó diferencias de hasta 300 mm de un año a otro; durante el establecimiento de la plantación en julio de 2013, la precipitación fue mayor, aunque al año siguiente (2014) se redujo hasta 200 mm en el mismo período de plantación, lo mismo sucedió en 2015 pero ahora para la plantación que se estableció en agosto (F4 y F5) la precipitación acumulada mensual disminuyó hasta 373 mm respecto a la que se presentó en el mismo mes pero del año 2013.

Al respecto, Larcher (2003); Fitter & Hay (2012) señalan que el crecimiento en altura se atribuye a la disponibilidad de humedad al momento de establecer la plantación, la ausencia de diferencias significativas para el crecimiento en altura de alguno de los periodos evaluados es indicativa de poca disponibilidad hídrica al momento de establecer la plantación, a pesar de que esta se estableció en época de lluvias. El análisis de los datos demostró que el crecimiento en altura de un año a otro es altamente significativo ($p \leq 0.0001$) (Tabla 2), por lo tanto, se debe considerar que una plantación forestal en sus primeros años, depende de un gran número de factores, tanto climáticos como técnicos, y ya que los primeros difícilmente se pueden controlar por el hombre (Sígala *et al.*, 2015), ahí la importancia principalmente en la elección de una fecha adecuada de plantación.

Resultados similares fueron registrados por Taylor (2007) en una plantación de *Pseudotsuga menziesii* Mirb., después de evaluar una temporada de crecimiento de 8 fechas diferentes de plantación (septiembre-enero), concluyó que el crecimiento en altura de la plantación realizada en octubre fue más alto con respecto a las otras fechas. Análogamente Navarro-Cerrillo *et al.*, (2014) obtuvieron diferencias significativas en el crecimiento de la altura de *Pinus halepensis* al probar dos fechas tempranas de plantación y dos tardías, el tratamiento de la fecha temprana mostró mayores tasas de crecimiento en esta variable después del primer verano (fechas tempranas para la región) evaluado.

Ariza *et al.* (2008), obtuvo resultados similares a los presentados en este trabajo, ya que al realizar dos

Table 2.
Mean comparison of growth in height of five planting dates with *Pinus pseudostrobus* Lindl., established in the CINSJP, Michoacan.

Tabla 2.
Comparación de medias del crecimiento en altura de cinco fechas de plantación con *Pinus pseudostrobus* Lindl., de la CINSJP, Michoacán.

| Assessed dates | A: Independent ANOVA and estimated contrasts | | | | B: Repeated measures ANOVA | | |
|-------------------------------------|--|--------|----------------------|---------|----------------------------|--------|---------|
| | ***4 | **8 | 12 | *24 | Inters | Intras | |
| | months | months | months ^{Ns} | months | | X | X-Treat |
| July 1 st , 2013 (D1) | 29.4c | 38.4c | 55.7a | 157.0a | *** | **** | **** |
| July 15 th , 2013 (D2) | 39.8a | 51.5a | 61.1a | 157.8a | *** | *** | *** |
| July 30 th , 2013 (D3) | 35.3ab | 45.2ab | 59.5a | 137.1b | *** | ** | ** |
| August 15 th , 2013 (D4) | 34.36b | 42.9b | 57.4a | 139.2bc | *** | *** | *** |
| August 30 th , 2013 (D5) | 36.4a | 45.7ab | 58.4a | 132.3c | *** | * | * |

A: Independent comparisons of growth in height by planting date, using ANOVA. Values of $p \leq 0.0001$, 0.001 and 0.01 are highly significant (****) and $Ns > 0.05$. B: repeated measures ANOVA. The «inter-treatment» effects estimated the differences between the different planting dates over the assessed time. The «intra-treatment» effects estimated the overall effects over the assessed time and the effects of assessed time X planting date interaction where F-value was 0.05.

A: Comparaciones independientes del crecimiento en altura por fecha de plantación, utilizando ANOVA. Valores de $p \leq 0.0001$, 0.001 y 0.01 son altamente significativos (****) y $Ns > 0.05$. B: ANOVA de medidas repetidas. Los efectos «inter-tratamientos» estimaron las diferencias entre las distintas fechas de plantación a lo largo del tiempo evaluado. Los efectos «intra-tratamientos» estimaron los efectos globales del tiempo evaluado y los efectos de interacción tiempo evaluado X fecha de plantación donde el F-value fue de 0.05.

in Mediterranean climates with *P. halepensis* at an early date in November of 2005 and a late date in January of 2006, these authors concluded that growth in height was higher in plants in November (early planting dates for the region) against those in January (late planting dates). At the end of the assessment period, differences were significant ($p < 0.05$) and were maintained in favor of November plants.

On their behalf, Luoranen *et al.* (2006) pointed that in a plantation of *Picea abies* (L.) H. Karst, established in Finland, where different planting dates were assessed, there were significant differences ($p < 0.05$) after 4 years of assessment, since growth in height was higher in early planting dates (July-August) than in late planting dates (September-October). Similarly, Rodríguez (2013) noted that under experimental conditions in a *Pinus patula* Schl. *et* Cham., plantation in the State of Mexico, early planting date (October 13th) presented higher

plantaciones en climas mediterráneos con *P. halepensis*, una temprana en noviembre de 2005 y una tardía, enero de 2006; dichos autores concluyeron que el crecimiento en altura fue mayor en las plantas de noviembre (fechas tempranas para la zona) frente a las de enero (fechas tardías). Al final del período de evaluación, las diferencias fueron significativas ($p < 0.05$) y se mantuvieron a favor de las plantas del mes de noviembre.

Por su parte, Luoranen *et al.* (2006), señalan que en una plantación de *Picea abies* (L.) H. Karst, establecida en Finlandia, donde evaluaron diferentes fechas de plantación, existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) después de cuatro años de evaluación, ya que el crecimiento en altura fue superior en fechas tempranas (julio-agosto) y no para fechas tardías (septiembre-octubre). De manera análoga, Rodríguez (2013), señaló que bajo condiciones experimentales en una plantación de *Pinus patula* Schl. *et* Cham., en el estado de México, la fecha temprana de plantación (13 de octubre) presentó mayor crecimiento en altura, respecto a la segunda

growth in height than a late planting date (November 11th), due to climatic conditions of the experimental site favoring subsequent plant development in field.

The results of the present work showed that the planting date of July 15th presented the highest growth in height, compared to the other planting dates. With this information it is possible to suggest that those plantations carried out during the first 15 days of July might present a higher growth in height compared to other planting dates. Recent studies pointed out that the early planting period can be extended for some species of the *Pinus* genus, as long as the plant had high quality, to guarantee an optimal growth (Rikala, 1996; Luoranen et al., 2005; Palacios, 2016), since growth in height is the first physiological process affected by hydric stress in plants (Larcher, 2003). In this sense, it is important to establish a planting period that guaranteed its success and subsequent development in field (Moraga et al., 2000).

Growth in diameter of the base of the plant. The growth of the diameter at the base of the plant presented a similar trend showing an increase in height. Dates of July 1st and 15th presented a good development, the initial diameter was 9 mm and increased 1.62, 2.97, 8.56 and 31.9 mm at 4, 8, 12 y 24 months respectively

fecha (11 de noviembre) debido a que las condiciones climáticas en el sitio experimental favorecieron el desarrollo posterior de las plantas en campo.

Los resultados de este trabajo mostraron que la fecha de plantación del 15 de julio presentó el mayor crecimiento en altura, respecto al resto de las fechas, con esta información es posible establecer que en aquellas plantaciones que se realicen durante los primeros 15 días de julio pueden presentar un mayor crecimiento en altura con respecto al resto de las fechas de plantación. Estudios recientes señalan que es posible extender el período de plantación temprana para ciertas especies del género *Pinus*, siempre y cuando la planta sea de alta calidad para garantizar un óptimo crecimiento (Rikala, 1996; Luoranen et al., 2005; Palacios, 2016), ya que el crecimiento en altura es el primer proceso fisiológico que es afectado por el estrés hídrico al trasplante (Larcher, 2003). En este sentido, es importante establecer un período de plantación que garantice el éxito de la misma y su posterior desarrollo en campo (Moraga et al., 2000).

Crecimiento en diámetro de la base de la planta. El crecimiento del diámetro de la base de la planta, presentó una tendencia similar al incremento en altura, las fechas del 1 y 15 de julio presentaron un buen desarrollo, el diámetro inicial fue de 9 mm y se incrementó de 1.62, 2.97, 8.56 y 31.9 mm a los

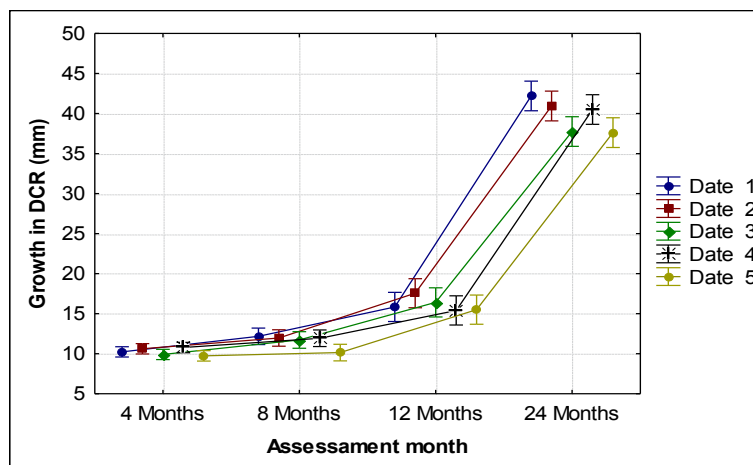


Figure 3. Behavior of the growth in diameter of the base (DCR) of *Pinus pseudostrobus* Lindl. plants in five planting dates assessed at 4, 8, 12 and 24 months after establishment in the CINSJP, Michoacan.

Figura 3. Comportamiento del crecimiento en diámetro de la base de la planta (DCR) de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en cinco fechas de plantación evaluadas a 4, 8, 12 y 24 meses de su establecimiento en la CINSJP, Michoacán.

(Figure 3). During the assessed period, the date of August 15th showed a similar development at planting dates 1 and 2, whose growth is related to other climatic factors that favored the subsequent development of the plantation. Palacios *et al.* (2008) and Sígala *et al.* (2015) mentioned that plant development in terms of growth is determined, to a large extent, by the evolution of climatic conditions after the establishment, which cannot be manipulated.

Average monthly cumulated precipitation data reported by CONAGUA (2018) during the period in which the plantation was established (July-August of 2013) and during the period where evaluations were realized for the CINSJP, indicated that the hydric supply was enough, given that average monthly accumulated precipitation was $350\text{-}435 \pm 12 \text{ mm month}^{-1}$, allowing an optimum development of the first and second planting date, submitted to an extended rainy season. On the contrary, plants established in late planting dates showed a lower growth in diameter at the base of the plant due to the scarce water availability.

Results of the repeated-measures ANOVA-test showed that there were highly significant ($p < 0.0001$) inter- and intra-specific differences regarding planting dates assessed in each period. When determining the intra-specific effect with a simple ANOVA-test of the planting date and the growth in diameter of the base of the plant, no significant differences ($p \geq 0.05$) were found during the assessment period at 4, 8, 12 and 24 months, although dates between July 1st, 15th and August 15th presented above-average growth in each assessment. At 24 months of the assessment, significant differences ($p < 0.005$) were obtained in both analysis, planting date 1 and 2 showed a growth of 33.2 and 31.9 mm, respectively in contrast to the diameter of the base of the initial plant (9 mm). Moreover, there was a difference of $5 \pm 0.5 \text{ mm}$ in late planting dates (August 30th) in comparison to early planting dates (planting dates 1, 2 and 3) (Table 3).

The annual growth rate in the diameter at the base of the plant was 20.5 mm for early planting dates, while 18.5 mm was for late planting dates. Navarro *et al.* (2006 b) obtained similar results in *Abies pinsapo* Boiss, provided that after five years of assessing the diameter at the base of the plant, values were maintained between 15.3 and 16.9 mm with significant differences in favor of plants established in early planting dates.

4, 8, 12 y 24 meses respectivamente (Figura 3). Durante el período evaluado, la fecha del 15 de agosto mostró un desarrollo similar a las fechas uno y dos, este crecimiento se relaciona con los factores climáticos que favorecieron el desarrollo posterior de la plantación. Palacios *et al.* (2008) y Sígala *et al.* (2015) mencionan que el desarrollo de las plantas en términos de crecimiento está determinado, en gran medida, por la evolución de las condiciones climáticas después del establecimiento, por lo tanto, son condiciones que no se pueden manipular.

Los datos de la precipitación media acumulada por mes reportado por CONAGUA, (2018) durante el período en que se estableció la plantación (julio- agosto de 2013) y durante el período donde se realizaron las evaluaciones para la CINSJP, indican que el suministro hídrico fue suficiente ya que la precipitación media acumulada por mes fue de $350\text{-}435 \pm 12 \text{ mm mes}^{-1}$, esto permitió el desarrollo óptimo de la primera y segunda fecha de plantación, que estuvieron sometidas a un período prolongado de lluvias, en caso contrario, las plantas que fueron establecidas en fechas tardías, mostraron un crecimiento menor en diámetro de la base de la planta debido a la escasa disponibilidad de agua.

Los resultados del ANOVA de medidas repetidas señalan que existen diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) inter e intraespecíficas respecto a las fechas de plantación evaluadas en cada período. Al determinar el efecto intraespecífico con un ANOVA simple de la fecha de plantación y el crecimiento en diámetro de la base de la planta no se obtuvieron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) durante el período de evaluación a los 4, 8, 12, y 24 meses, aunque las fechas entre el 1, 15 julio y 15 de agosto presentaron crecimiento por encima de la media en cada evaluación; a los 24 meses de evaluación en ambos análisis se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.005$), la fecha uno y dos mostraron un crecimiento de 33.2 y 31.9 mm, respectivamente en contraste al diámetro de la base de la planta inicial (9 mm), además existe diferencia de $5 \pm 0.5 \text{ mm}$ de las fechas tardías (30 agosto) frente a fechas tempranas (fecha 1, 2 y 3) (Tabla 3).

La tasa de crecimiento anual en diámetro de la base de la planta fue de 20.5 mm para fechas tempranas, mientras que en fechas tardías fue de 18.5 mm. Navarro *et al.* (2006b) obtuvieron resultados similares en *Abies pinsapo* Boiss, ya que después de cinco años de evaluación del diámetro de la base de la planta los valores se mantuvieron entre 15.3 y 16.9 mm con diferencias significativas a favor de las plantas establecidas en fechas tempranas.

Table 3.
Mean comparison of growth of the diameter at the base of *Pinus pseudostrobus* Lindl. plant, at five planting dates in the CINSJP, Michoacán.

Tabla 3.
Comparación de medias del crecimiento en diámetro de la base de la planta de cinco fechas de plantación con *Pinus pseudostrobus* Lindl., de la CINSJP, Michoacán.

| Evaluation dates | A: Independent ANOVA and estimated contrasts | | | | B: ANOVA Repeated measures | | |
|-------------------------------------|--|----------|-----------|-----------|----------------------------|--------|---------|
| | 4 months | 8 months | 12 months | 24 months | Inters | Intras | |
| | Ns | Ns | Ns | X | | X | X-Treat |
| July 1 st , 2013 (D1) | 10.24a | 12.17a | 15.85a | 42.2a | *** | **** | **** |
| July 15 th , 2013 (D2) | 10.62a | 11.97a | 17.56a | 40.9ab | *** | *** | *** |
| July 30 th , 2013 (D3) | 9.91a | 11.72a | 16.42a | 37.7b | * | ** | ** |
| August 15 th , 2013 (D4) | 10.78a | 11.94a | 15.41a | 40.50ab | * | * | * |
| August 30 th , 2013 (D5) | 9.74a | 10.15a | 15.51a | 37.6b | * | * | ** |

A: Independent comparisons of growth in diameter of the base of the plant by planting date, using ANOVA. Values of $p < 0.0001$, $p < 0.001$ and $p < 0.01$ are highly significant (****) and Ns > 0.05 . B: repeated measures ANOVA. The «inter-treatment» effects estimated the differences between the different planting dates over the assessed time. The «intra-treatments» effects estimated the overall effects over the assessed time and the effects of assessed time X planting date interaction where F-value was 0.05.

A: Comparaciones independientes del crecimiento en altura por fecha de plantación, utilizando ANOVA. Valores de $p < 0.0001$, $p < 0.001$ y $p < 0,01$ son altamente significativos (****) y Ns > 0.05 . B: ANOVA de medidas repetidas. Los efectos «inter-tratamientos» estimaron las diferencias entre las distintas fechas de plantación a lo largo del tiempo evaluado. Los efectos «intra-tratamientos» estimaron los efectos globales del tiempo evaluado y los efectos de interacción tiempo evaluado X fecha de plantación donde el F-value fue de 0.05.

These results coincide with those obtained by Mateos et al. (2008) for two planting dates with *P. halepensis*; where differences in growth of diameter were significant according to a t-Student test ($p < 0.05$), applied for all planting dates. One year after the plantation establishment, the growth in diameter at the base of the plant was higher in all plants established in November (early planting dates) than those established in January (late planting dates).

Rodríguez (2013) reported that, under experimental greenhouse conditions with *Pinus patula* Schltld. & Cham. and *Pinus greggii* Engelm., significant differences

Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Mateos et al. (2008) para dos fechas de plantación con *P. halepensis*; las diferencias en crecimiento del diámetro fueron significativas aplicando una T-student ($p < 0.05$) para todas las fechas de medición, al año de establecida la plantación el crecimiento en diámetro fue mayor en las plantas establecidas en noviembre (fechas tempranas) respecto a las de enero (fechas tardías).

Rodríguez (2013), señala que bajo condiciones experimentales (invernadero) con *Pinus patula* Schltld. & Cham. y *Pinus greggii* Engelm., se pueden obtener diferencias significativas en las variables de crecimiento como diámetro y altura. Existen casos contrarios donde no se observaron diferencias significativas, es

can be obtained in growth variables, such as diameter and height. However, there are some opposing cases where no significant differences were observed, that means, in late planting dates as well as in early ones, the plant can achieve its maximum development allowed by climatic conditions, as showed in assessments realized at 4, 8, 12 months where the growth in diameter at the base of the plant was not significantly affected by the planting date. The growth in diameter is directly related to the planting date (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2015), because diameter significantly increases in size in early planting date, due to a higher humidity availability when establishing the plantation, allowing the plants to access the additional ground-water content.

Survival rate. No significant differences in survival related to the planting date were observed ($p \geq 0.05$) during all of the assessment period, however, this variable during the first year was 60 % for planting dates of July and 65 % in those of August. These differences were maintained during the second year with 50 % in favor of early planting dates (July) and 54 % for late planting dates (August), Figure 4.

decir, que en fechas tardías como tempranas la planta puede alcanzar su máximo desarrollo permitido por las condiciones climáticas, como lo muestran las evaluaciones realizadas a los 4, 8, 12 meses donde el crecimiento en diámetro de la base de la planta no se vió afectado significativamente por la fecha de plantación. El crecimiento en diámetro se relaciona directamente con la fecha de plantación (Navarro-Cerrillo *et al.*, 2015), ya que se pudo observar que este aumenta significativamente de tamaño en las fechas tempranas debido a que existe mayor disposición de humedad al momento de establecer la plantación, lo que permite que las plantas tengan acceso al contenido adicional de agua del suelo.

Supervivencia. En la variable supervivencia no se encontraron diferencias significativas relacionadas a la fecha de plantación ($p \geq 0.05$) en todo el período evaluación, sin embargo, esta variable durante el primer año fue de 60 % para fechas de plantación de julio y 65 % en las del mes de agosto, estas diferencias se mantuvieron durante el segundo año con un 50 % a favor de fechas tempranas (julio) y un 54 % para fechas tardías (agosto), Figura 4.

A pesar de que no existen muchos trabajos relacionados con la influencia de la fecha de plantación, algunos

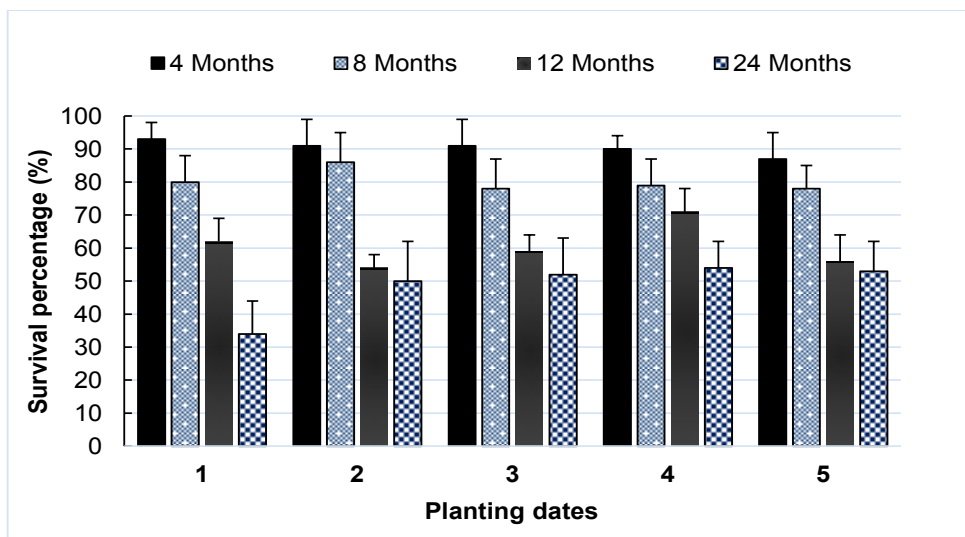


Figure 4. Behaviour of survival rate of *Pinus pseudostrobus* Lindl., in five planting dates assessed at 4, 8, 12 and 24 months after of establishment in the CINSJP, Michoacan. (The line indicate the standard deviation).

Figura 4. Comportamiento de la supervivencia de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en cinco fechas de plantación evaluadas a 4, 8, 12 y 24 meses de su establecimiento en la CINSJP, Michoacán (La línea del medio indica la desviación estándar).

Despite the few research works related to the influence of planting date, some studies showed its influence on survival rate and growth in *Pinus* species, where results have been different. Authors as Royo *et al.* (2000), reported no significant differences in survival when comparing four planting dates in *P. halepensis*. As well as Ariza *et al.* (2008) who compared two planting dates with *P. halepensis* and found that the survival rate did not present significant differences, and followed a logical trend to decrease, from the initial 100% until reaching 80% at the end of the first year. However, these results differ with those obtained by Rodríguez & Cerrillo (2005) who, in an assay conducted in Spain with *Pinus pinea* L., found significant differences among treatments, being explained by the planting date. Similarly, Navarro-Cerrillo *et al.*, (2014) pointed that both planting date and site quality determine the survival response.

Conclusions

Highly significant differences were found ($p < 0.0001$) among planting dates in the height variable of *P. pseudostrobus* at 4, 8 and 24 months of assessment, where planting dates 1 and 2, corresponding to July 1st and 15th, presented the highest growth for this variable.

Regarding the growth in diameter at the base of the plant, no significant differences were obtained ($p \geq 0.05$) among planting dates during the assessment period (4, 8 and 12 months). Only after 24 months, significant differences ($p < 0.005$) were obtained, where planting dates 1, 2 and 4, corresponding to July 1st and 15th and August 15th, presented the highest growth in diameter.

Acknowledgements

We thank the Technical Direction of the Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán for the support in getting the plot, perimeter enclosure, plants, as well as field personnel, which participate during plantation establishment.

References

- Aguilar, S.D. (2008). Programa de Manejo Forestal Persistente para el aprovechamiento de los recursos forestales maderables para el predio denominado Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Mich. Nuevo Parangaricutiro, Mich. 271 p.

estudios han mostrado esa influencia en la supervivencia y crecimiento con especies del género *Pinus*, donde los resultados han sido diferentes. Autores como Royo *et al.* (2000), reportan que no existieron diferencias significativas de supervivencia al comparar cuatro fechas de plantación en *P. halepensis*. Así como Ariza *et al.* (2008), quienes en su estudio para comparar dos fechas de plantación con *P. halepensis*, la supervivencia no presentó diferencias significativas, siguiendo una tendencia lógica a disminuir, del 100 % inicial hasta alcanzar al final del primer año un 80 %. Sin embargo, estos resultados difieren con los obtenidos por Rodríguez & Cerrillo (2005), quienes en un ensayo en España con *Pinus pinea* L., encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, siendo explicada por la fecha de plantación; de forma similar, Navarro-Cerrillo *et al.*, (2014), señalan que la fecha de plantación y la calidad del sitio determinan la respuesta de la supervivencia.

Conclusiones

Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.0001$) en la variable altura de *P. pseudostrobus* a los 4, 8 y 24 meses de evaluación, donde las fechas 1, 2 que corresponden al 1 y 15 de julio las cuales presentaron el mayor crecimiento en esta variable.

Respecto a la fecha de plantación y el crecimiento en diámetro de la base de la planta no se obtuvieron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) durante el período de evaluación (4, 8, y 12 meses), solo a los 24 meses se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.005$), donde las fechas 1, 2 y 4, que corresponden al 1, 15 de julio y 15 de agosto presentaron el mayor crecimiento en esta variable.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a la Dirección Técnica de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, por el apoyo en la consecución del terreno, cercado perimetral, plantas, así como al personal de campo de la misma, que participó durante el establecimiento de la plantación.

- Ariza, M. D., Navarro C. R., Del Campo G. A. D., Ibáñez L. A. J. and Jorrián N. J. V. (2008). Influencia de la fecha de plantación al establecimiento de *Pinus halepensis* Mill. Aplicación de la proteómica estudios de Ecofisiología en campo. Córdoba, España. Soc. Esp. Cien. For. pp. 111-117. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6465124>
- CONAFOR. (Comisión Nacional Forestal). (2016). Meta sexenal en reforestación. Comunicado de prensa. [Last Checked: May 2018].
- COFOM. (Comisión Forestal del Estado de Michoacán). (2015). Inventario Estatal Forestal y de Suelos Michoacán de Ocampo 2014. Morelia, México. 372 p.
- CONAGUA. (Comisión Nacional de Agua). (2018). Precipitación trimestral del período julio de 2013-agosto de 2015. <https://smn.cna.gob.mx/es/climatologia/pronostico-climatico/precipitacion-form> [Last Checked: May 2018].
- Cortina, J., Peñuelas J.L., Puertolás J., Savé R. and Vilagrosa A. (2006). Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de los conocimientos. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid. 192 p. https://www.researchgate.net/publication/313105940_Influencia_del_estado_nutricional_y_el_contenido_en_carbohidratos_en_el_establecimiento_de_las_plantaciones
- Cortina, J., Vilagrosa A. and Trubat R. (2013). The role of nutrients for improving seedling quality in drylands. *New Forests* 44(5): 719-732. <https://doi.org/10.1007/s11056-013-9379-3>
- Fitter, A. H. & Hay, R. K. (2012). *Environmental physiology of plants*. Academic press. Third edition. 341 p.
- García, E. (1973). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana) (No. QC 981. G37 1973).
- INAFED. Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo (2018). <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM16michoacan/municipios/16058a.html> [last checked: march 2018]
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). (2009). Prontuario de información geográfica municipal, Nuevo Parangaricutiro, Michoacán de Ocampo Clave geoestadística 16058. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datos-geograficos/16/16058.pdf> [last checked: Junaury 2017].
- Larcher, W. (2003). *Physiological plant ecology: ecophysiology and stress physiology of functional groups*. Springer Science & Business Media, four edition, Springer-Verlag, Berlin, Germany 513 p.
- Luoranen, J., Rikala R. Konttinen K. and Smolander H. (2005). Extending the planting period of dormant and growing Norway spruce container seedlings to early summer Silva Fenn., 39 pp. 481-496. <http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/532594/extending.pdf?sequence=1>
- Luoranen, J., Rikala R., Konttinen K. and Smolander H. (2006). Summer planting of *Picea abies* container-grown seedlings: effects of planting date on survival, height growth and root egress. *Forest Ecology and Management* 237: 534-544. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2006.09.073>
- Mateos, D. A., Cerrillo R. M. N., del Campo A. D., Lloris A. I. and Novo J. J. (2008). Influencia de la fecha de plantación al establecimiento de *Pinus halepensis* Mill. Aplicación de la proteómica a estudios de ecofisiología en campo. Reunión sobre Repoblación Forestales (28). 111-117. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6465124>
- Navarro, R. M. & Palacios G. (2004). Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. Reunión sobre Repoblación Forestal. For. 17: 199-204. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2980555>
- Navarro, R. M., Del Campo A. D. and Cortina J. (2006a). Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. In: Cortina, J., J.L. Peñuelas, J. Puértolas, A. Vilagrosa, y R. Savé (Coord.). Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. pp. 31-46. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/3253/1/Cortina%20et%20al%20Nursery%20book%20ch%202.pdf>
- Navarro, R. M., Retamosa M. J., Lopez J., del Campo A.D., Ceaceros C. and Salmoral L. (2006b). Nursery practices and field performance for the endangered Mediterranean species *Abies pinsapo* Boiss *Ecological Engineering*. 27(2): 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2005.11.003>
- Navarro-Cerrillo, R. M., del Campo, A. D., Ceacero, C. J., Quero, J. L. and de Mena, J. H. (2014). On the importance of topography, site quality, stock quality and planting date in a semiarid plantation: feasibility of using low-density LiDAR. *Ecological engineering*. 67: 25-38. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2014.03.011>
- Moraga, A. R., Sánchez L. G. and Carrión J. P. (2000). Efecto de la fecha de plantación sobre la supervivencia y el crecimiento del pino carrasco. Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales. 10: 57-62. <https://doi.org/10.31167/csef.v0i10.9214>

- Norman, G. R., Streiner D. L. and Freixenet J. T. (1996). Bioestadística (No. Sirsi) i9788481741506). Mosby/Doyma Libros.
- Palacios, R. G., Navarro. C. M. A. and Campo. G. A. (2008). Calidad de planta, procedimiento de preparación y la fecha de plantación en el crecimiento de *Pinus pinea* L. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 28: 43-48.
- Palacios, R. G. (2016). Influencia de la fecha de plantación, la preparación del terreno y la calidad de planta en repoblaciones forestales de pino piñonero (*Pinus pinea* L.) y encina (*Quercus ilex* L.) en ámbito mediterráneo. Universidad de Córdoba. Tesis doctoral. 168 p. <https://helvia.uco.es/handle/10396/13385>
- Rikala, R. (1996). Root growth potential and planting date of silver birch container seedlings. Folia Forestalia–Metsätieteen aikakauskirja. pp. 91-99.
- Rodríguez, G. P. & Cerrillo R. N. (2005). Efecto de la calidad de planta, el procedimiento de preparación y la fecha de plantación en la supervivencia de una repoblación de *Pinus pinea* L. In: Congresos Forestales. 7 p.
- Rodríguez, M. C. (2013). Efecto de la fecha de siembra y tamaño de contenedor en el crecimiento de dos especies de pino en vivero. Tesis de Maestría. Montecillo, Texcoco, Edo de México. 66 p.
- Royo, A., Gil L. and Pardos J. A. (2000). Efecto de la fecha de plantación sobre la supervivencia y el crecimiento del pino carrasco. Cuad. Soc. Esp. Cien. For.10: 57-62. <https://doi.org/10.31167/csef.v0i10.9214>
- Serrada, R., Navarro-Cerrillo R.M. and Pemán J. (2005). La calidad de las repoblaciones forestales: una aproximación desde la selvicultura y la ecofisiología. Investigaciones agrarias. Sistemas y Recursos Forestales 14(3): 462-481. <https://repositori.udl.cat/handle/10459.1/44686>
- Sáenz, R. J.T., & Lindig R. C. (2004). Evaluación y propuestas para el programa de reforestación en Michoacán, México. Ciencia Nicolita. No. 37. UMSNH. México. pp.107-120. https://www.researchgate.net/publication/291785913_Evaluacion_y_propuestas_para_el_programa_de_reforestacion_en_Michoacan_Mexico
- SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2011a). Producción de plantas para reforestación (1993-2009). http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/archivos/01_rforestales/d3_Rforesta09_05.pdf [Last Checked: February 2018].
- SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). (2011b). Superficie reforestada (1993-2009). http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/archivos/01_rforestales/d3_Rforesta09_06.pdf [Last Checked: February 2018].
- SEMARNAT. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2013). Producción de plantas para reforestación (1993-2009). http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/archivos/01_rforestales/d3_Rforesta09_05.pdf [Last Checked: March 2018].
- Sígala, J., González T.M.A. and Prieto R.J.Á. (2015). Supervivencia en plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lindl., en función del sistema de producción y precondicionamiento en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*. 6 30):20-31. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-11322015000400003&script=sci_arttext
- Taylor, M. M. (2007). Effect of plant date on subsequent seedling field performance (Doctoral dissertation) 128 p. https://ir.library.oregonstate.edu/concern/graduate_thesis_or_dissertations/hx11xj07h?locale=en
- UACH. Universidad Autónoma Chapingo (2010). Informe de evaluación externa de los apoyos de reforestación. Ejercicio Fiscal 2009. CONAFOR-SEMARNAT. https://www.coneval.org.mx/rw/resource/coneval/EVALUACIONES/EVALUACIONES_PROGRAMAS_POLITICAS_DS/EED_2010-2011/SEMARNAT/PROCOREF/ejecutivo.pdf [Last Checked: May 2018]
- UNDP. (United Nations Development Programme). (2012). Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, México. 11 p. https://www.equatorinitiative.org/wp-content/uploads/2017/05/case_1_1363201559.pdf [Last Checked: March 2018]
- UANL. (Universidad Autónoma de Nuevo León). (2009). Reforestación. Evaluación externa fiscal 2008. Informe Nacional. CONAFOR-SEMARNAT. http://148.223.105.188:2222/qif.snif_portal/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=20 [Last Checked: March 2018].
- Villar-Salvador, P., Uscola, M., Jacobs, D.F. (2015). The role of stored carbohydrates and nitrogen in the growth and stress tolerance of planted forest trees. *New Forests*. 46: 813- 839. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11056-015-9499-z>