



Revista Mexicana de Ciencias Forestales

ISSN: 2007-1132

ciencia.forestal2@inifap.gob.mx

Instituto Nacional de Investigaciones

Forestales, Agrícolas y Pecuarias

México

Bello González, Miguel Ángel; Segura Warnholtz, Gerardo; Tinoco Espinosa, María Elena; Lara Chávez, María Blanca Nieves; Salgado Garciglia, Rafael  
Regeneración inducida de *Pinus pseudostrobus* Lindl., bajo diferentes densidades del dosel y preparación de sitio  
Revista Mexicana de Ciencias Forestales, vol. 6, núm. 29, mayo-junio, 2015, pp. 74-91  
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias  
Distrito Federal, México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63442134006>

- 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



## Artículo / Article

# Regeneración inducida de *Pinus pseudostrobus* Lindl., bajo diferentes densidades del dosel y preparación de sitio

## *Pinus pseudostrobus* Lindl. induced regeneration under different canopy densities and site conditioning

Miguel Ángel Bello González<sup>1</sup>, Gerardo Segura Warnholtz<sup>2</sup>, María Elena Tinoco Espinosa<sup>1</sup>,  
María Blanca Nieves Lara Chávez<sup>1</sup>, Rafael Salgado Garciglia<sup>3</sup>

### Resumen

La falta de regeneración en la zona boscosa bajo manejo forestal de la comunidad Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán permitió el desarrollo del presente estudio, cuyo objetivo fue caracterizar la regeneración inducida de *Pinus pseudostrobus*, en respuesta a diferentes tratamientos de preparación de sitio y densidad de arbolado. La metodología consistió en la selección de seis rodales con diferentes densidades de arbolado, en donde se establecieron 72 sitios. Se aplicaron cuatro tratamientos de preparación de sitio (quema, limpia, barbecho y testigo); la siembra de 420 semillas por sitio; y se hizo un análisis de varianza factorial. La emergencia a los 2 meses fue de 27.19 % (20 301 plántulas por hectárea), con diferencias para el testigo de 29.77 %; para la densidad 88 árboles, con 35.15 %; y para la interacción 88 árboles-testigo, con 41.5 % de emergencia. Hubo diferencias entre tratamientos en el quinto y octavo mes, dentro del barbecho y la limpia se registró una supervivencia superior a 60 %. Las interacciones 88 y 140 árboles con barbecho y limpia mostraron, en ese periodo, 70 y 90 % de supervivencia. En el lapso de 5 a 11 meses, se observó una drástica mortalidad mayor a 70 %. Con relación a la altura de las plántulas en todos los tratamientos, se obtuvieron diferencias en el quinto y el octavo mes, las del testigo y la limpia tuvieron alturas superiores, mientras que para la densidad de cero árboles correspondieron los valores más altos durante todo el periodo.

**Palabras clave:** Cama semillera, densidad de arbolado, emergencia, labores de preparación de sitio, *Pinus pseudostrobus* Lindl., regeneración inducida.

### Abstract

The lack of regenerating practices in the wooded area under forest management of Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, Mexico allowed the development of this study with the following objective: to describe the induced regeneration of *Pinus pseudostrobus* in response to tree densities and differing site conditioning practices. The methodology consisted of the selection of 6 stands, the election of 6 tree densities, the establishment of 72 sites, site conditioning treatments (burning, cleaning, fallow and control), sowing of 420 seeds per site and factorial variance analysis. From the obtained results the following comes off: plant emergence after 2 months of applying the four and six treatments was 27.19 % (20 301 seedling h<sup>-1</sup>), differing from the control (29.77 %), from the 88-tree density (35.15 %) and 88-tree density interaction with the control (41.5 %). By the 5th and the 8th month period there were differences among treatments, with over 60 % survival for the fallow and the cleaning practices. The 88-tree and 140-tree interactions with fallow and cleaning showed 70 % and 90 % survival for that period, respectively. From the 5th month to the 11th month period there was a drastic mortality of over 70 % plants. In regard to plant height within the four and six treatments, differences were observed in the 5th and the 8th month period, with greatest plant height detected within the control and the cleaning practices, while the 0-tree density was superior to all treatments during the whole lapse of time.

**Key words:** Seed bed, tree density, emergence, site conditioning practices, *Pinus pseudostrobus* Lindl., induced regeneration.

Fecha de recepción/ date of receipt: 21 de octubre de 2013; Fecha de aceptación/ date of acceptance: 29 de septiembre de 2014.

<sup>1</sup> Facultad de Agrobiología "Presidente Juárez" Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Correo-e: mabellog2@hotmail.com

<sup>2</sup> Consejo Nacional Forestal (Conafor) Semarnat

<sup>3</sup> Instituto de Investigaciones Químico Biológicas, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

## Introducción

En la actualidad uno de los grandes problemas que presentan los bosques es la viabilidad de su regeneración natural. Hoy es evidente que la presión demográfica y la necesidad de producir más alimentos han causado un disturbio notable sobre esos ecosistemas (Varela, 1998). Ante este problema se hace imprescindible conocer el estado que guardan algunas especies arbóreas de *Pinus* de importancia ecológica o económica (Perry, 1991; Farjón y Styles, 1997). Dado que muchos de sus bosques están siendo utilizados en diversos grados, y manejados en una escala mayor, es necesario conocer los aspectos regenerativos de los mismos.

Una de las características universales de todo ecosistema es el cambio constante al que está sometido; de tal manera que su condición en el presente es el resultado de un proceso continuo de modificaciones ocurridas en el pasado, las cuales pueden ser de muy diversa índole: variaciones en el tamaño de las poblaciones, reemplazo de unos taxa por otros, cambios micro y macroclimáticos, presencia de herbívoros o de factores de disturbio que modifican drásticamente los ecosistemas forestales. Es importante señalar que esas transformaciones están relacionadas entre sí, y resultan en interacciones ecológicas complejas en el tiempo y en el espacio.

En el caso de la regeneración de ecosistemas forestales, hay que prestar atención a las condiciones especiales de aprovechamiento y explotación extensiva, ya que la regeneración de bosques se realiza en forma compleja, dado los factores que inciden sobre ella. El proceso puede adoptar diferentes grados de continuidad y esta, a su vez, es controlada por factores ligados a una fuente de semillas viables, a una buena cama semillera y a un microambiente compatible con la regeneración (Roe *et al.*, 1970), que está regulada por el dosel superior, formado por las copas de los árboles dominantes, por otras especies de la vegetación presente; así como por las características del piso forestal (Heiligmann y Schneider, 1975; Daniel *et al.*, 1982).

El conocimiento de los factores que los integran permite predecir el comportamiento de la repoblación natural con relación a la germinación, al establecimiento y a las posibles causas de mortalidad y supervivencia de las especies (Musálem *et al.*, 1991).

Actualmente, existe desconocimiento de la complejidad de los procesos regenerativos en los bosques dominados por *Pinus pseudostrabus* Lindl., taxon de amplia distribución en México, con alto valor comercial y sujeto a un aprovechamiento a gran escala (Perry, 1991; López-Upton, 2002; Sáenz-Romero y Linding-Cisneros, 2004).



## Introduction

Currently one of the major problems posed by forests today is the viability of natural regeneration. It is now clear that population pressures and the need to produce more food have caused considerable disturbance on these ecosystems (Varela, 1998). On the face of this problem, it is essential to know the state that some ecologically or economically important *Pinus* species keep (Perry, 1991; Farjon and Styles, 1997). Since many of its forests are being used at different intensities, and managed on a larger scale, it is necessary to know the regenerative aspects thereof.

A universal characteristic of every ecosystem is the continuous change to which it is subject, so that their condition at present is the result of a regular process of modifications occurred in the past, which can be very diverse: variations in population size, replacement of some species by others, altered micro and macro climate, presence of herbivores or disturbance factors that drastically impact forest ecosystems. It is worth noting that these changes are interrelated, and result in complex ecological interactions in time and space.

Attention should be paid, in particular, to the special conditions of use and extensive harvest, since forest regeneration is performed in complex ways. This process may take different degrees of continuity, which, in turn, is controlled by constraints related to a source of viable seed, a good seed bed and a microenvironment compatible with the development of new individuals (Roe *et al.*, 1970). The latter is regulated by the upper canopy formed by the crowns of the dominant trees, other species of the vegetation and forest floor characteristics (Heiligmann and Schneider, 1975; Daniel *et al.*, 1982).

Knowledge of the factors that they comprise predicts the behavior of natural reforestation in relation to germination, establishment and possible causes of mortality and survival of the species (Musálem *et al.*, 1991).

Currently, little is known about the complexity of regenerative processes in markets dominated by *Pinus pseudostrabus* Lindl., a widespread species in Mexico, with high commercial value and subject to large-scale use (Perry, 1991; López-Upton, 2002; Sáenz-Romero and Linding-Cisneros, 2004).

The conventional way to create the conditions conducive to forest recovery is through regeneration cuttings with modifications of the seed bed, which include decreasing the vegetation and debris from logging (Shelton and Wittwer, 1991). Since some aspects of optimal densities of trees and the influence these have on regeneration, as well as site conditioning activities in different residual density conditions are unknown, this study aimed to determine the effects the different conditions of light, temperature and humidity created

La forma convencional de crear las condiciones que favorezcan la regeneración es a través de las cortas de regeneración con modificaciones de la cama semillera, las cuales incluyen la disminución de la vegetación presente y de los desperdicios del aprovechamiento forestal (Shelton y Wittwer, 1991). Dado que aún se desconocen algunos aspectos relacionados con las densidades óptimas de arbolado y su influencia sobre la regeneración, al igual que las actividades de preparación de sitio en distintas condiciones de densidad residual, este estudio tuvo como objetivo conocer los efectos de las diferentes condiciones de luz, temperatura y humedad creadas por la liberación de espacios tanto en el dosel, como en el suelo sobre la germinación de las semillas y en el establecimiento de las plántulas de *Pinus pseudostrobus*.

## Materiales y Métodos

Se eligieron seis rodales maduros de *Pinus pseudostrobus*, en bosques bajo manejo forestal; con seis diferentes densidades de arbolado; dentro de ellos se establecieron tres unidades experimentales de  $50 \times 50$  m ( $2\,500\text{ m}^2$  cada una), para un total de 18. El experimento comprendió seis tratamientos de densidad de arbolado: 0, 21, 61, 88, 140 y 330 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , y con tres repeticiones cada uno, bajo el diseño experimental de bloques al azar, en un área total de 4.5 ha.

Para el muestreo de la regeneración inducida se establecieron, dentro de cada unidad experimental, cuatro sitios cuadrados de  $7.5 \times 7.5$  m ( $56.25\text{ m}^2$ ), en donde se implementaron cuatro tratamientos al suelo: quemas, eliminación de la vegetación (limpia), barbecho y testigo. Las actividades se realizaron manualmente, con herramienta de campo (macheta, azadón, pala, pico, carretilla) para extraer la vegetación herbácea y arbustiva en los sitios de limpia y de barbecho, además de la remoción de suelo; para el caso de la quema se procedió a eliminar la vegetación mediante quemas controladas; en el testigo se dejaron el suelo y la vegetación intactos.

La vegetación está constituida principalmente por musgos de la familia Brachytheciaceae (*Polytrichum*) y especies herbáceas de Asteraceae, Fabaceae, Dennstaedtiaceae, Aspleniaceae, Polypodiaceae, Pteridiaceae (*Pteridium*), Onagraceae, Oxalidaceae, Anacardiaceae, Poaceae; y arbustos de las familias Rosaceae (*Rubus*) Ericaceae, Solanaceae, Coriariaceae, Onagraceae, Asteraceae y Lamiaceae.

Las semillas de *P. pseudostrobus* fueron proporcionadas por la Dirección Técnica Forestal de la Comunidad Indígena Nuevo San Juan Nuevo Prangaricutiro, Michoacán, cosechadas un año antes en los bosques de la misma comunidad y tratadas para su conservación. Su viabilidad se determinó con pruebas de germinación *in vitro*, para ello se colocaron 400 semillas en cajas *Petri* (cuatro submuestras de 100 semillas), a temperatura ambiente durante 15 días. El promedio de las semillas germinadas fue de 95 %.

by the release on both the canopy and soil in seed germination and seedling establishment of *Pinus pseudostrobus*.

## Materials and Methods

Six mature stands of *Pinus pseudostrobus* were chosen in forests under forest management; with six different densities of trees; within them three experimental units of  $50 \times 50$  m ( $2\,500\text{ m}^2$  each) were established, for a total of 18. The experiment comprised six tree density treatments: 0, 21, 61, 88, 140 and 330 trees  $\text{ha}^{-1}$  with three replications each, under the experimental design of randomized blocks, in a total area of 4.5 ha.

For sampling of the induced regeneration, four  $7.5 \times 7.5$  m squares sites ( $56.25\text{ m}^2$ ) were established within each experimental unit, where four soil treatments were implemented: burning, removal of vegetation (cleaning), fallow and control. The activities were performed manually with field tools (machete, hoe, shovel, pick), wheelbarrow to extract herbaceous and shrub vegetation in the sites clean and fallow, in addition to the removal of soil; in the case of burning, vegetation was removed by controlled burning; in the control site, soil and vegetation were left untouched.

Vegetation is made-up mainly by musks of the Brachytheciaceae (*Polytrichum*) family; of herbaceous species of Asteraceae, Fabaceae, Dennstaedtiaceae, Aspleniaceae, Polypodiaceae, Pteridiaceae (*Pteridium*), Onagraceae, Oxalidaceae, Anacardiaceae and Poaceae; and of shrubs of Rosaceae (*Rubus*) Ericaceae, Solanaceae, Coriariaceae, Onagraceae, Asteraceae and Lamiaceae.

The *P. pseudostrobus* seeds from the Forest Technical Direction of the Nuevo San Juan Nuevo Prangaricutiro Indigenous Community, Michoacán State, were collected a year before in the forests of the community and treated for their conservation. Their viability was determined by *in vitro* germination tests, for which 400 seeds were put into Petri boxes (four subsamples of 100 seeds each), at room temperature for 15 days. The average germinated seeds was 95 %.

Regeneration was assessed by direct sowing of 420 seeds per site ( $74\,666\text{ seeds ha}^{-1}$  /  $2.497$ ) (Barnet and Baker, 1991), with a separation among them of 36 cm and at 1 cm deep. For their observation, monitoring and evaluation, small wooden poles were placed in order to locate each seed and seedling resulting from emergence.

The establishment of the sites was made in January and February 1995; the treatments to the soil were applied in March and April; and sowing was made in May of the same year. For the 24 treatments with three replications and six times of evaluation (2, 5, 8, 11, 15 and 21 months) a design of blocks at random with a factorial arrangement were implemented. The

La regeneración se evaluó mediante la siembra directa de 420 semillas por sitio (74 666 semillas por hectárea / 2.497) (Barnet y Baker, 1991), con una separación entre ellas de 36 cm y a 1 cm de profundidad. Para su observación, seguimiento y evaluación se colocaron pequeños palos de madera para ubicar cada semilla y plántula producto de la emergencia.

El establecimiento de los sitios se hizo en enero y febrero de 1996; los tratamientos al suelo en marzo-abril; y la siembra en mayo del mismo año. Para los 24 tratamientos con tres repeticiones y con seis tiempos de evaluación (2, 5, 8, 11, 15 y 21 meses) se implementaron, para cada uno, un diseño de bloques al azar con arreglo factorial. La primera medición de emergencia y supervivencia se realizó en julio de 1996.

Se obtuvieron datos numéricos: a) emergencia durante los primeros 2 meses; b) número de plantas registradas a la edad de 2, 5, 8, 11, 15 y 21 meses; c) supervivencia a los 5, 8, 11, 15 y 21 meses; d) altura (cm) de las plántulas a los 2, 5, 8, 11, 15 y 21 meses, en respuesta a los factores de labores de preparación de sitio y densidad de arbolado.

Para los análisis de varianza fue necesario hacer una transformación arcoseno de los porcentajes de emergencia y supervivencia de plántulas. Con los datos transformados, se efectuó un análisis de varianza factorial para cada edad, complementado con la prueba de rango múltiple con el procedimiento *Newman-Keuls*, con 95 % de diferencia mínima significativa, para probar la hipótesis nula de que todas las posibles parejas de medias de los tratamientos son iguales, además de conocer de manera simultánea los efectos de las densidades de arbolado y los tratamientos de preparación de sitio.

Se utilizó el paquete estadístico *Statgraphic Plus* (2002) con un arreglo factorial A X B. Los factores y variables consideradas fueron: A) preparación de sitio con cuatro niveles: 1 (Testigo), 2 (Quema), 3 (Barbecho) y 4 (Limpia); B) densidad de arbolado con seis niveles: 1 (330 árboles  $\text{ha}^{-1}$ ), 2 (140), 3 (88), 4 (61), 5 (21) y 6 (0) con tres repeticiones por cada tratamiento, correspondientes a las tres parcelas. Las variables fueron: 1) emergencia (%); 2) supervivencia de plántulas (%); 3) altura de las plántulas (cm).

## Resultados

### Emergencia (2 meses)

De las 420 semillas sembradas por sitio (74 666 semillas  $\text{ha}^{-1}$ ) con los 24 tratamientos, se registró una emergencia promedio de 27.19 % (20 301 plántulas  $\text{ha}^{-1}$ ). El análisis de varianza mostró efectos significativos del factor de preparación de sitio (A) ( $F = 3.094$ ,  $P = 0.0355$ ), densidad de arbolado (B) ( $F = 5.666$ ,  $P = 0.0003$ ), y de la interacción AB en la

first measurement of emergence and survival was made in July 1996.

Numerical data were obtained in regard to: a) emergence during the first two months; b) number of plants registered at 2, 5, 8, 11, 15 and 21 months; c) survival at the age 5, 8, 11, 15 and 21 months; d) height (cm) of seedlings at age 2, 5, 8, 11, 15 and 21 months, in response to the factors of the site conditioning practices and tree density.

For the analysis of variance it was necessary to make an arcsen transformation of the emergence percentages and seedling survival. With these transformed data, a factorial analysis of variance for each age, completed with the multiple range test with the Newman-Keuls procedure, with 95 % of significant minimal difference, to prove the null hypothesis that all the possible couples of means of the treatments are the same, as well as to know simultaneously the effects of tree densities and the treatments for site preparation.

Statgraphic Plus statistical software (2002) was used with a factorial arrangement A x B. The factors and variables considered were: a) conditioning of site with four levels: 1 (Control), 2 (Burns), 3 (Fallow) and 4 (Cleaner); b) density of trees with six levels: 1 (330 trees  $\text{ha}^{-1}$ ), 2 (140), 3 (88), 4 (61) 5 (21) 6 (0) with three replicates per treatment, corresponding the three plots. The variables considered were: 1) Emergency (%); 2) Seedling survival (%); 3) Seedling height (cm).

## Results

### Emergence (2 months)

Of the 420 seeds sown by site (74 666 seeds  $\text{ha}^{-1}$ ) with 24 treatments, emergence an average 27.19 % was recorded (20 301 seedlings  $\text{ha}^{-1}$ ). Analysis of variance showed significant effects of site conditioning factor (A) ( $F = 3.094$ ,  $P = 0.0355$ ), tree density (B) ( $F = 5.666$ ,  $P = 0.0003$ ), and the interaction AB Emergence ( $F = 1.491$ ,  $P = 0.1468$ ). As for the levels of site conditioning work factor, control had the highest percentage of seedlings with 29.77 % (22 228  $\text{ha}^{-1}$ ); followed by clearance, with 29.12 % (21 742  $\text{ha}^{-1}$ ); fallow, with 26.97 % (20 137  $\text{ha}^{-1}$ ), and burning, with 22.91 % (17 105  $\text{ha}^{-1}$ ). The density 88 had the highest number of seedlings, with 35.15 % (26 245  $\text{ha}^{-1}$ ); followed densities of 330 and 0, with 29.92 and 28.80 % respectively (22 340 and 21 503  $\text{ha}^{-1}$ ); while densities 140, 21, and 61 recorded the lowest percentages of seedlings, 25.29, 22.57 and 21.40 %, respectively (18 883, 16 852 and 15 978  $\text{ha}^{-1}$ ).



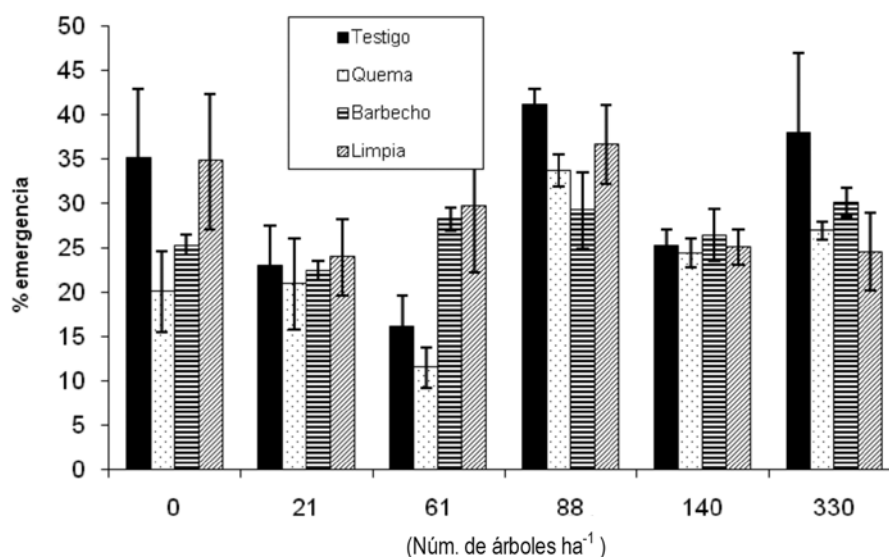
emergencia ( $F = 1.491$ ,  $P = 0.1468$ ). En cuanto a los niveles del factor labores de preparación de sitio, el testigo tuvo el mayor porcentaje de plántulas con 29.77 % (22 228  $\text{ha}^{-1}$ ); seguido por la limpia, con 29.12 % (21 742  $\text{ha}^{-1}$ ); el barbecho, con 26.97 % (20 137  $\text{ha}^{-1}$ ), y la quema, con 22.91 % (17 105  $\text{ha}^{-1}$ ). La densidad 88 presentó el número más alto de plántulas, con 35.15 % (26 245  $\text{ha}^{-1}$ ); seguida de las densidades 330 y 0, con 29.92 y 28.80 % respectivamente (22 340 y 21 503  $\text{ha}^{-1}$ ); mientras que las densidades 140, 21, y 61 registraron los menores porcentajes de plántulas, con 25.29, 22.57 y 21.40 %, respectivamente (18 883, 16 852 y 15 978  $\text{ha}^{-1}$ ).

La interacción significativa evidencia que los niveles del factor A dependen de los del factor B: Las interacciones testigo con 88 árboles = 41.50 % de plántulas (30 985  $\text{ha}^{-1}$ ), testigo con 330 árboles = 39 % (29 118  $\text{ha}^{-1}$ ), y testigo y limpia con 0 árboles = 35 % respectivamente (26 132  $\text{ha}^{-1}$ ) tuvieron los mejores porcentajes de emergencias (Figura 1 y Cuadro 1).

The significant interaction puts in evidence that levels of factor A are dependent on factor B: Control interactions with 88 trees = 41.50 % seedlings (30 985  $\text{ha}^{-1}$ ), control with 330 trees = 39 % (29 118  $\text{ha}^{-1}$ ) and control and clearance with 0 trees = 35 % respectively (26 132  $\text{ha}^{-1}$ ) had the best rates of emergence (Figure 1 and Table 1).

## Survival

Five months. An average survival of 70.93 % (14 399 seedlings  $\text{ha}^{-1}$ ) was observed when considering all levels of both factors (AXB). Results show that there is a significant effect of the studied variables: site conditioning practices (A) ( $F = 11.62$ ,  $P = 0.0000$ ), tree density (B) ( $F = 2.45$ ,  $P = 0.0468$ ), and the interaction between them (AB) ( $F = 1.94$ ,  $P = 0.0422$ ). For the site conditioning treatments, fallow recorded the highest survival with 83.52 % (16 955 seedlings  $\text{ha}^{-1}$ ); followed by clearance, with 76.11 % (15 451 seedlings  $\text{ha}^{-1}$ ); and burning, with 62.71 %



Se registran los promedios (%) y errores estándar para cada tratamiento.

The per cent average is recorded as well as the standard errors for each treatment.

Figura 1. Emergencia de plántulas de *Pinus pseudostrobus* Lindl., bajo cuatro tratamientos de preparación de sitio y seis densidades de arbolado.

Figure 1. Emergence of *Pinus pseudostrobus* Lindl. seedlings under four treatments of site conditioning and six tree densities.



Cuadro 1. Comparación entre las medias de los tratamientos del factor B (densidad de arbolado).  
Table 1. Comparison between the means of the treatments of the B factor (tree density).

Comparación	Diferencias entre las medias de arcoseno	Significancias de las diferencias
0-21	6.23016	n.s.
0-61	7.40079	*
0-88	-6.349221	n.s.
0-140	3.5119	n.s.
0-330	-1.11111	n.s.
21-61	1.17063	n.s.
21-88	-12.5794	*
21-140	-2.71825	n.s.
21-330	-7.34127	*
61-88	-13.75	*
61-140	-3.88889	n.s.
61-330	-8.5119	*
88-140	9.86111	*
88-330	5.2381	n.s.
14-330	-4.62302	n.s.

\* = Significativos; n.s. = No significativo

\* = Significant; n.s. = Non-significant

## Supervivencia

Cinco meses. Se observó una supervivencia promedio de 70.93 % (14 399 plántulas ha<sup>-1</sup>), al considerar todos los niveles de ambos factores (AXB). Los resultados muestran que existe un efecto significativo de las variables estudiadas: labores de preparación de sitio (A) (F = 11.62, P = 0.0000), densidad de arbolado (B) (F = 2.45, P = 0.0468), y de la interacción entre ambos (AB) (F = 1.94, P = 0.0422). Para los tratamientos de preparación de sitio, el barbecho alcanzó la supervivencia más alta con 83.52 % (16 955 plántulas ha<sup>-1</sup>); seguido por la limpia, con 76.11 % (15 451 plántulas ha<sup>-1</sup>); y la quema, con 62.71 % (12 730 plántulas ha<sup>-1</sup>). El testigo fue el tratamiento con la menor supervivencia, con 61.39 % (12 462 plántulas ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 2).

(12 730 seedlings ha<sup>-1</sup>). Control was the treatment with the least survival, with 61.39 % (12 462 seedlings ha<sup>-1</sup>) (Table 2).

In regard to tree density, the treatment of 21 trees ha<sup>-1</sup> recorded 78.46 % survival; 0, 75.68 % and 140, 74.63 %, (15 928, 15 363 and 15 150 seedlings ha<sup>-1</sup>); while 88 and 61 trees ha<sup>-1</sup> were 67.06, 64.91 and 64.84 %, respectively (13 613, 13 177 and 13 163 seedlings ha<sup>-1</sup>). The significant interaction points out that the levels of the A factor depend on the B factor: the fallow interactions with 88 trees and clearance with 140 trees had the best results, with 90 % survival (18 270 seedlings ha<sup>-1</sup>) (Table 3).



Cuadro 2. Comparación entre las medias de los tratamientos del factor A (labores de preparación de sitio).

Table 2. Comparison between the means of the treatments of the A factor (site conditioning practices).

Tratamientos	Diferencias entre las medias (Arcoseno)	Significancia de las diferencias
Testigo vs Quema	-1.31909	n.s.
Testigo vs Barbecho	-22.1312	*
Testigo vs Limpia	-14.7197	*
Quema vs Barbecho	-20.8121	*
Quema vs Limpia	-13.4006	*
Barbecho vs Limpia	7.41154	n.s.

\* = Significativos; n.s. = No significativo

\* = Significant; n.s = Non-significant

En cuanto a la densidad de arbolado, los tratamientos 21, 0 y 140 árboles  $ha^{-1}$  presentaron supervivencias de 78.46, 75.68 y 74.63 %, respectivamente (15 928, 15 363 y 15 150 plántulas  $ha^{-1}$ ); mientras que 88 y 61 árboles  $ha^{-1}$  fueron de 67.06, 64.91 y 64.84 %, respectivamente (13 613, 13 177 y 13 163 plántulas  $ha^{-1}$ ). La interacción significativa señala que los niveles del factor A dependen del factor B: Las interacciones barbecho con 88 árboles y limpia con 140 árboles tuvieron los mejores resultados, con 90 % de supervivencia respectivamente (18 270 plántulas  $ha^{-1}$ ) (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje promedio de supervivencia de los tratamientos.

Table 3. Average survival percentage of the treatments.

Tratamientos	0	21	61	88	140	330
Testigo	75.49	86.63	57.52	49.51	52.31	46.86
Quema	79.80	62.92	58.02	47.58	71.42	56.49
Barbecho	74.93	85.34	77.84	90.00	84.80	88.20
Limpia	72.48	78.96	65.99	72.53	90.00	76.67

Ocho meses. La supervivencia declinó en 18.32 %, con respecto al quinto mes, con una supervivencia promedio de 52.55 % (10 668 plántulas  $ha^{-1}$ ). Los resultados demuestran un efecto significativo del factor labores de preparación de sitio (A) ( $F = 10.03$ ,  $P = 0.0000$ ), densidad de arbolado (B) ( $F = 5.30$ ,  $P = 0.0006$ ), y de la interacción entre ambos (AB) ( $F = 3.04$ ,  $P = 0.0017$ ). De los tratamientos del factor A, la limpia mostró el mayor porcentaje de supervivencia, con 62.89 % (12 767 plántulas  $ha^{-1}$ ); seguido por el barbecho, con 60.19 % (12 219 plántulas  $ha^{-1}$ ); y la quema, con 45.21 % (9 178 plántulas  $ha^{-1}$ ). El testigo fue el tratamiento con el menor porcentaje de supervivencia, con 41.91 % (8 508 plántulas  $ha^{-1}$ ) (Cuadro 4).

Eight months. Survival declined 18.32 %, with respect to the fifth month, with an average survival of 52.55 % (10 668 seedlings  $ha^{-1}$ ). Results prove a significant effect of the site conditioning practices factor (A) ( $F = 10.03$ ,  $P = 0.0000$ ), tree density (B) ( $F = 5.30$ ,  $P = 0.0006$ ) of the interaction between them (AB) ( $F = 3.04$ ,  $P = 0.0017$ ). From the A factor treatments, clearance showed the highest survival percentage, 62.89 % (12 767 seedlings  $ha^{-1}$ ), followed by fallow, 60.19 % (12 219 seedlings  $ha^{-1}$ ) and burning 45.21 % (9 178 seedlings  $ha^{-1}$ ). Control was the treatment with the least survival percentage 41.91 % (8 508 seedlings  $ha^{-1}$ ) (Table 4).

For the B factor levels, there was a global survival decline of 18.38 % in relation to the fifth month, with 52.55 % average (10 668 seedlings  $ha^{-1}$ ). The 140 and 330 densities had the greatest survival percent, with 67.26 % and 57.99 % (13 654 and 11 772 seedlings  $ha^{-1}$ ), followed by the 0, 88 and 61 densities with 51.50, 50.96 and 48.04 %, respectively (10 455, 10 345 and 9 752 seedlings  $ha^{-1}$ ). The 21 trees  $ha^{-1}$  density had the least seedling survival, 39.56 % (8 031 seedlings  $ha^{-1}$ ). The AB interaction results demonstrate that the effects from the A factor are dependent on the factor B levels. The comparisons of the means of the treatments of clearance and fallow, both with 140 trees, showed the greatest survival percentages 90 and 77.39 %, respectively (18 270 and 15 710 seedlings  $ha^{-1}$ ) (Table 5).



Cuadro 4. Comparación entre las medias de los tratamientos del factor A (labores de preparación de sitio).

Table 4. Comparison between the means of the factor A treatments (site conditioning practices).

Comparación	Diferencias entre las medias (Arcoseno)	Significancia de las diferencias
Testigo vs Quema	-3.29749	n.s.
Testigo vs Barbecho	-18.2753	*
Testigo vs Limpia	-20.9777	*
Quema vs Barbecho	-14.9778	*
Quema vs Limpia	-17.6802	*
Barbecho vs Limpia	-2.70243	n.s.

\* = Significativos; n.s. = No significativo

\* = Significant; n.s = Non-significant





Para los niveles del factor B, hubo una declinación global de la supervivencia de 18.38 % con relación al quinto mes, con un promedio de 52.55 % (10 668 plántulas ha<sup>-1</sup>). Las densidades 140 y 330 tuvieron los mayores porcentajes de supervivencia, con 67.26 % y 57.99 % (13 654 y 11 772 plántulas ha<sup>-1</sup>); seguida de las densidades 0, 88 y 61 con 51.50, 50.96 y 48.04 %, respectivamente (10 455, 10 345 y 9 752 plántulas ha<sup>-1</sup>). La densidad 21 árboles ha<sup>-1</sup> tuvo la menor supervivencia de plántulas con 39.56 % (8 031 plántulas ha<sup>-1</sup>). Los resultados de la interacción AB, evidencian que los efectos del factor A son dependientes de los niveles del factor B. Las comparaciones de las medias de los tratamientos limpia y barbecho, ambos con 140 árboles, presentaron los porcentajes de supervivencia más altos, con 90 y 77.39 %, respectivamente (18 270 y 15 710 plántula ha<sup>-1</sup>) (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje promedio de supervivencia de los tratamientos.  
Table 5. Average survival percentage of the treatments.

Tratamientos	0	21	61	88	140	330
Testigo	46.51	47.39	36.56	39.13	42.65	39.23
Quema	67.56	16.93	43.82	34.56	58.99	49.41
Barbecho	36.33	36.47	69.22	70.43	77.39	71.30
Limpia	55.61	57.45	42.56	59.70	90.00	72.03

Once meses. Durante este periodo la supervivencia declinó en 27.27 %, respecto al octavo mes, con 25.28 % (5 132 plántulas ha<sup>-1</sup>). Los resultados del Andeva indican que no existen efecto significativos del factor preparación de sitio (A) ( $P \geq 0.05$ ) densidad de arbolado (B) ( $P \geq 0.05$ ), ni de la interacción entre ambos (AB) ( $P \geq 0.05$ ).

Quince meses. La supervivencia disminuyó en 3.8 %, respecto al undécimo mes, para un promedio de 21.48 % (4 360 plántulas ha<sup>-1</sup>). Los efectos de los factores preparación de sitio (A) ( $P \geq 0.05$ ), densidad de arbolado (B) ( $P \geq 0.05$ ) y la interacción entre ambos (AB) ( $P \geq 0.05$ ) no fueron significativos.

Veintiún meses. La supervivencia fue menor 3.82 %, con relación al décimo quinto mes, para un promedio de 17.66 % (3 585 plántulas ha<sup>-1</sup>); no existen efectos significativos de los factores preparación de sitio (A) ( $P \geq 0.05$ ), densidad de arbolado (B) ( $P \geq 0.05$ ), ni de la interacción AB ( $P \geq 0.05$ ). De acuerdo con los análisis de varianza factorial (2, 5, 8 y 11 y 21 meses de edad), únicamente en los tiempos 2, 5 y 8 hubo diferencias significativas entre los tratamientos de los factores A, B y la interacción AB, mientras que en los tiempos 11, 15 y 21 no se observaron efectos significativos de los factores A, B ni de la interacción AB (figuras 2 y 3).



11 months. During this period, survival declined 27.27 %, compared to the eighth month, 25.28 % (5 132 seedlings ha<sup>-1</sup>). The ANOVA results indicate that there are non- significant effects of the site conditioning factor (A) ( $P \geq 0.05$ ), tree density (B) ( $P \geq 0.05$ ), or of the interaction between them (AB) ( $P \geq 0.05$ ).

15 months. Survival lowered 3.8 % compared to the eleventh month, for a 21.48 % (4 360 seedlings ha<sup>-1</sup>) average. The effects of the factors of site conditioning (A) ( $P \geq 0.05$ ), tree density (B) ( $P \geq 0.05$ ) and interaction between both (AB) ( $P \geq 0.05$ ) were non- significant.

21 months. Survival was 3.82 % below in regard to the fifth month, for a 17.66 % (3 585 seedlings ha<sup>-1</sup>) average; there are non-significant effects of the factors of site conditioning (A)

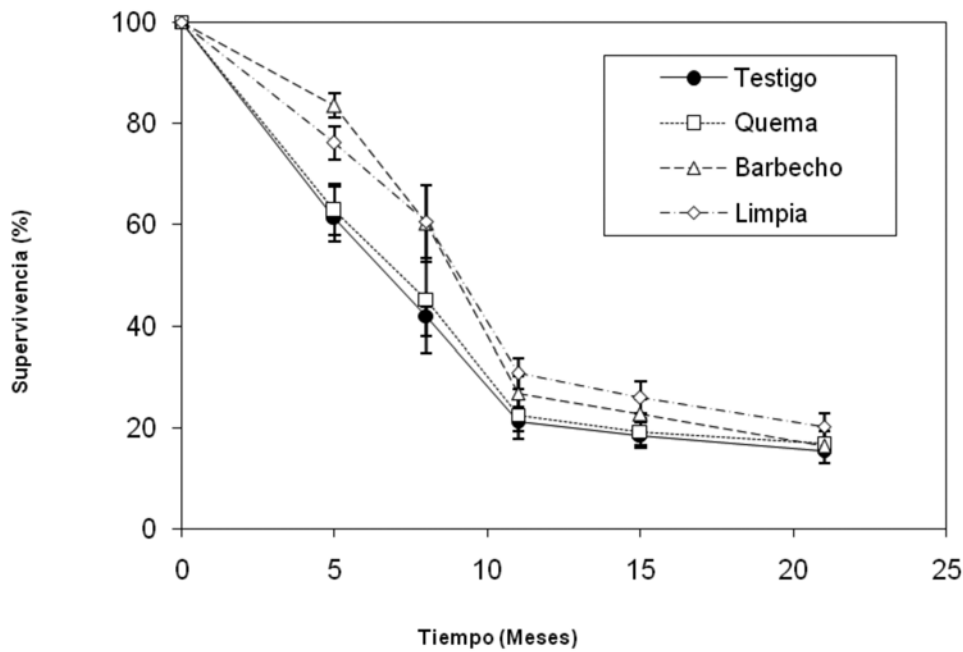
( $P \geq 0.05$ ), tree density (B) and interaction between both (AB) ( $P \geq 0.05$ ) were non- significant.

According to the factorial analysis of variance (2, 5, 8 and 11 and 21 months old), only to the times 2, 5 and 8 there were significant differences between the treatments of the A, B factors and the AB interaction, while in the 11, 15 and 21 times, there were not observed significant effects of the A B factors or the AB interaction (figures 2 and 3).

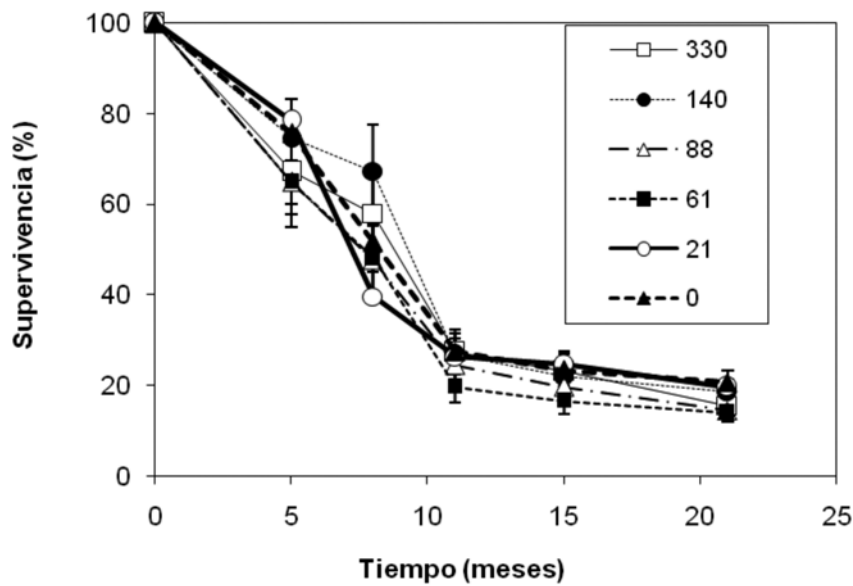
## Growth

Two months. A 2.37 cm average height was observed. There were significant effects of the A factor ( $F = 19.82$ ,  $P = 0.0000$ ) and of the B factor ( $F = 4.97$ ,  $P = 0.0010$ ) and not of the AB interaction ( $P \geq 0.05$ ).

Five months. A 2.38 cm average increment was registered from the second to the fifth month and an average height of 4.75 cm considering all the factors (A and B). A significant effect of the A factor ( $F = 4.19$ ,  $P = 0.0103$ ), B ( $F = 33.20$ ,  $P = 0.0000$ ) was found as well as of the interaction between both (AB) ( $F = 4.41$ ,  $P = 0.0000$ ). Among the A factor treatments, control recorded the highest height (4.99 cm) followed by clearance (4.82 cm) and by burning (4.61 cm). Fallow showed the smallest height (4.58 cm). Among the treatments of the B Factor, or the 0 and 21 trees densities they correspond to the average heights of 5.70 and 5.44 cm, respectively; while in the 61, 330 and 140 trees ha<sup>-1</sup> they were 4.53 cm, 4.51 and 4.24; the 88 trees density



Promedios (%) y errores estándar para cada tiempo.  
Average (%) and standard errors for each time.  
Figura 2. Supervivencia de plántulas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. bajo cuatro tratamientos de preparación de sitio.  
Figure 2. *Pinus pseudostrobus* Lindl. seedlings survival under four treatments of site conditioning.



Promedios (%) y errores estándar para cada tiempo.  
Average (%) and standard errors for each time.  
Figura 3. Supervivencia de plántulas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. bajo seis densidades de arbolado.  
Figure 3. *Pinus pseudostrobus* Lindl. seedlings survival under six tree density treatments.

## Crecimiento

Dos meses. Se observó una altura promedio de 2.37 cm. Hubo efectos significativos del factor A ( $F = 19.82$ ,  $P = 0.0000$ ) y B ( $F = 4.97$ ,  $P = 0.0010$ ), no así de la interacción AB ( $P \geq 0.05$ ).

Cinco meses. Se registró un incremento promedio de 2.38 cm del segundo al quinto mes, una altura promedio de 4.75 cm considerando todos los factores (A y B). Se tuvo un efecto significativo del factor A ( $F = 4.19$ ,  $P = 0.0103$ ), B ( $F = 33.20$ ,  $P = 0.0000$ ) y de la interacción entre ambos (AB) ( $F = 4.41$ ,  $P = 0.0000$ ). Entre los tratamientos del factor A, el testigo presentó la mayor altura, con 4.99 cm, seguido por la limpia, con 4.82 cm; y por la quema, con 4.61 cm. El barbecho tuvo la menor altura, con 4.58 cm. Entre los tratamientos del factor B, a las densidades 0 y 21 árboles  $ha^{-1}$  les correspondieron las alturas promedio de 5.70 y 5.44 cm, respectivamente; mientras que en las densidades 61, 330 y 140 árboles  $ha^{-1}$  fueron de 4.53 cm, 4.51 y 4.24, respectivamente; la densidad 88 árboles mostró la menor altura con 4.08 cm. Las cifras más altas se obtuvieron en las interacciones testigo con 0 árboles  $ha^{-1}$ ; limpia, con 0 árboles  $ha^{-1}$ ; y limpia con 21 árboles  $ha^{-1}$ , con alturas promedio de 6.65, 6.35 y 6.08 cm, respectivamente (Cuadro 6).

Cuadro 6. Altura promedio (cm) de plántulas a los cinco meses.  
Table 6. Average height (cm) of five month old seedlings.

Tratamientos	0	21	61	88	140	330
Testigo	6.65	5.30	4.99	4.18	4.16	4.67
Quema	4.80	5.55	4.57	4.03	4.31	4.40
Barbecho	5.02	4.81	4.67	4.13	4.40	4.46
Limpia	6.35	6.08	3.91	3.97	4.09	4.50

Ocho meses. Se observó un incremento de 0.85 cm del quinto al octavo mes, con una altura promedio de 5.60 cm. Se determinaron efectos significativos del factor A ( $F = 6.85$ ,  $P = 0.0006$ ), B ( $F = 38.99$ ,  $P = 0.05$ ); y de la interacción entre ambos (AB) ( $F = 6.95$ ,  $P = 0.05$ ). De los tratamientos del factor A, el testigo continuó siendo el de mayor altura, con 6.08 cm; seguido por el barbecho con, 5.53 cm; y por la quema con 5.43 cm. La limpia fue el tratamiento con menor altura (5.37 cm). Para el factor B, las densidades 0 y 21 árboles  $ha^{-1}$  presentaron alturas promedio de 6.97 y 6.54 cm, respectivamente; las densidades 61, 140 y 330 árboles  $ha^{-1}$  de 5.36, 5.24 y 4.85 cm, respectivamente, la densidad 88 árboles  $ha^{-1}$  tuvo el valor más bajo con 4.65 cm. La interacción muestra que los mejores tratamientos fueron el testigo con 0 árboles  $ha^{-1}$  (9.25 cm), quema con 21 árboles (7.19 cm) y limpia con 0 árboles (7.09 cm) (Cuadro 7).

showed the shortest height, 4.08 cm. The highest numbers were recorded in the control interactions with 0 trees  $ha^{-1}$ ; clearance with 0 trees  $ha^{-1}$ ; and clearance with 21 trees  $ha^{-1}$ , with average heights of 6.65, 6.35 and 6.08 cm, respectively (Table 6).

Eight months. A 0.85 cm increment from the fifth to the eighth month was observed, with an average height of 5.60 cm. Significant effects of the A factor were determined ( $F = 6.85$ ,  $P = 0.0006$ ), B ( $F = 38.99$ ,  $P = 0.05$ ) and of the interaction between them (AB) ( $F = 6.95$ ,  $P = 0.05$ ). Of the Factor A treatments, control kept the greatest height (6.08 cm), followed by fallow (5.53 cm) and from burning, 5.43 cm. Clearance was the treatment with less height (5.37 cm). For the B Factor, the 0 and 21 trees  $ha^{-1}$  densities showed average heights of 6.97 and 6.54 cm; the 61, 140 and 330 trees  $ha^{-1}$  densities of 5.36, 5.24 and 4.85 cm; the density of 88 trees  $ha^{-1}$  had the least height with 4.65 cm. The interaction shows that the best treatments were control with 0 trees  $ha^{-1}$  (9.25 cm), burning with 21 trees (7.19 cm) and clearance with 0 trees (7.09 cm) (Table 7).

11 months. Average height was 7.17 cm. There was only a significant effect of the B Factor ( $F = 6.09$ ,  $P = 0.0002$ ), with the following results: 0 trees  $ha^{-1}$  = 8.98 cm; 21 trees = 7.84 cm; 140 trees = 7.17 cm; 88 trees = 6.59 cm; 61 trees = 6.48 cm y 330 trees = 5.92 cm, which did not occur with the A factor ( $P \geq 0.05$ ) or with the interaction between them ( $P \geq 0.05$ ).

15 months. At the end of this period a 0.93 cm average height was registered. Results show a significant effect of the B factor ( $F = 7.33$ ,  $P = 0.0000$ ): 0 trees  $ha^{-1}$  = 13.57 cm; 21 trees = 12.34 cm; 140 trees = 11.41 cm; 88 trees = 10.09 cm; 61 trees = 9.99 cm; 330 trees = 8.15 cm, while the A factor ( $P \geq 0.05$ ) and the interaction between them (AB) ( $P \geq 0.05$ ) were non-significant. 21 months. The final average height of the seedlings was 14.49 cm. A significant effect of the B factor ( $F = 7.33$ ,  $P = 0.6926$ ): 0 trees  $ha^{-1}$  = 19.48 cm; 21 trees = 17.00 cm; 140 trees = 15.82; 88 trees = 12.61 cm; 61 trees = 11.86 cm and 330 trees = 10.61 cm, which did not happen with the A factor ( $P \geq 0.05$ ) or the AB interaction ( $P \geq 0.05$ ).



Cuadro 7. Altura promedio (cm) de plántulas a los ocho meses.  
Table 7. Average height (cm) of seedlings at eight months.

Tratamiento	0	21	61	88	140	330
Testigo	9.25	6.15	6.04	4.95	5.23	4.85
Quema	5.13	7.19	5.28	4.59	5.04	5.38
Barbecho	6.43	6.35	5.55	4.58	5.45	4.81
Limpia	7.09	6.48	4.59	4.46	5.25	4.36

Once meses. La altura promedio fue de 7.17 cm. Solo hubo un efecto significativo del factor B ( $F = 6.09$ ,  $P = 0.0002$ ), con los siguientes resultados: 0 árboles  $\text{ha}^{-1} = 8.98$  cm; 21 árboles = 7.84 cm; 140 árboles = 7.17 cm; 88 árboles = 6.59 cm; 61 árboles = 6.48 cm y 330 árboles = 5.92 cm, no así del factor A ( $P \geq 0.05$ ) ni la interacción entre ambos ( $P \geq 0.05$ ).

Quince meses. Al final de este periodo se registró una altura promedio de 10.93 cm. Los resultados señalan un efecto significativo del factor B ( $F = 7.33$ ,  $P = 0.0000$ ): 0 árboles  $\text{ha}^{-1} = 13.57$  cm; 21 árboles = 12.34 cm; 140 árboles = 11.41 cm; 88 árboles = 10.09 cm; 61 árboles = 9.99 cm; 330 árboles = 8.15 cm, mientras que el factor A ( $P \geq 0.05$ ); y la interacción entre ambos (AB) ( $P \geq 0.05$ ) no fueron significativos.

Veintiún meses. La altura promedio final de las plántulas fue de 14.49 cm. Se obtuvo un efecto significativo del factor B ( $F = 7.33$ ,  $P = 0.6926$ ): 0 árboles  $\text{ha}^{-1} = 19.48$  cm; 21 árboles = 17.00 cm; 140 árboles = 15.82; 88 árboles = 12.61 cm; 61 árboles = 11.86 cm y 330 árboles = 10.61 cm, no así del factor A ( $P \geq 0.05$ ) ni de la interacción AB ( $P \geq 0.05$ ).

Los resultados finales indicaron una altura promedio de 0.57 cm mensuales. El mayor incremento se obtuvo a la densidad 0 árboles  $\text{ha}^{-1}$  (0.81 cm mensuales); seguida por las densidades 21 y 140 árboles (0.69 y 0.64 cm mensuales). Las densidades 330, 88 y 61 árboles tuvieron incrementos del orden de los 0.35 cm, 0.44 y 0.49 cm mensuales, respectivamente. La altura final promedio de las plántulas en cada tratamiento y tiempo de evaluación se muestra en la Figura 4.

## Discusión

### Influencia de los tratamientos de preparación de sitio

Emergencia y supervivencia. Las semillas sembradas bajo las cuatro condiciones de preparación de sitio tuvieron diferentes respuestas con relación a su emergencia. Del total, 72.81% no emergieron, o bien presentaron un estado de dormición, que se atribuye a la impermeabilidad al agua y a los gases, resistencia mecánica al crecimiento del embrión, permeabilidad selectiva a los reguladores del crecimiento, bloqueos metabólicos, presencia de inhibidores, embriones rudimentarios y a la adquisición de mecanismos inhibidores (Taylorson and Hendricks, 1977).

The final results indicated an average height of 0.57 cm per month. The greatest month was obtained at a density of 0 trees  $\text{ha}^{-1}$  (0.81 cm per month), followed by the 21 and 140 tree densities (0.69 and 0.64 cm per month). The 330, 88 and 61 tree density had increments around 0.35 cm, 0.44 and 0.49 cm per month. The final average height of the seedlings in each treatment and assessment time of the sample in Figure 4.

## Discussion

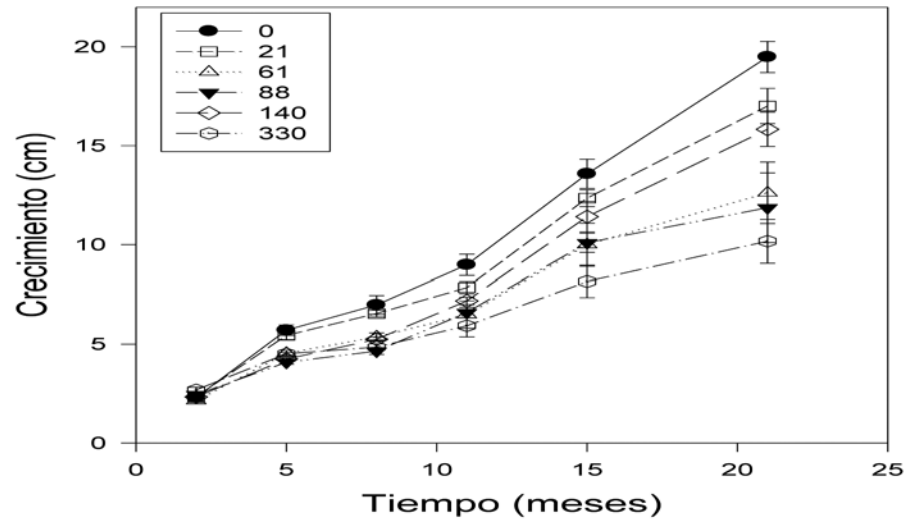
### Influence of the treatments of site conditioning

Emergence and survival. The seedlings sown under the four states of site conditioning had different emergence responses. From the total number, 72.81 % did not emerge, or even showed a dormancy state, which is attributed to water and gas impermeability, mechanical resistance to growth of the embryo, selective permeability to growth regulators, metabolic blockings, inhibitory presence, primitive embryos and to the acquirement of inhibitory mechanisms (Taylorson and Hendricks, 1977).

The elapsed time between sawing and the emergence of seedlings was 2 to 5 months; this rather long permanence could have caused that many of them were eaten by animals (mainly rodents), attacked by insects, diseases, ground organisms or easily decomposed; it is not frequent that these seeds are found in the seed banks in a very long latent state (Musálem, 1984; Smith, 1986).

The nature of the seeding bed, the moist mineral soil and the vegetation play an important role in germination. Saksa (1994) highlights the need to prepare the ground to put the seed in touch with the mineral soil and obliterate competence; in this sense, results show that control and clearance had the highest emergence percentages in regard to the other treatments (fallow and burning). Pomeroy (1949) states that the germination of *Pinus taeda* L. seed depends on its ability to absorb enough moisture from the substrate, so that germination is faster; herbs and shrubs allowed to satisfy these requirements as well as to provide them temporary protection (Spurr and Barnes, 1982).





Promedios y errores estándar para cada tiempo.  
Average (%) and standard errors for each time.

Figura 4. Altura promedio de plántulas de *Pinus pseudostrabus* Lindl. bajo seis densidades de arbolado.

Figure 4. Average height of *Pinus pseudostrabus* Lindl. seedlings under six tree densities.

El tiempo transcurrido entre la siembra y la emergencia de plántulas fue de 2 a 5 meses, permanencia más o menos prolongada, la cual pudo ocasionar que muchas de ellas fueran consumidas por animales (principalmente roedores), atacados por insectos, enfermedades, organismos del suelo o bien descomponerse con facilidad; es poco frecuente que estas semillas se encuentren en los bancos semilleros en un estado latente por mucho tiempo (Musálem, 1984; Smith, 1986).

La naturaleza de la cama semillera, el suelo mineral húmedo y la vegetación juegan un papel importante en la germinación. Saksa (1994) resalta la necesidad de preparar el terreno para poner en contacto la semilla con el suelo mineral y así eliminar la competencia; en este sentido, los resultados muestran que tanto el testigo como la limpia tuvieron los mayores porcentajes de emergencia con respecto a los otros tratamientos (barbecho y quema). Pomeroy (1949) establece que la germinación de la semilla de *Pinus taeda* L. depende de la capacidad que tiene para absorber suficiente humedad del sustrato, para que su germinación sea más rápida; tanto las plantas herbáceas como las arbustivas permitieron proveer estos requerimientos, además de brindarles protección temporal (Spurr y Barnes, 1982).

La presencia de cierta cantidad de hojarasca y suficiente materia orgánica que se incorpora al suelo mineral, también les permitió a las semillas y a las plántulas resguardarse contra la luz solar directa, lo que atenuó la temperatura del suelo, ya que sin ellas se presentarían severas variaciones y la consecuente mortalidad de plántulas (Musálem *et al.*, 1991). Este efecto protector de las plántulas lo aportaron las densidades 88 y

The presence of some amount of litter and enough organic matter that includes mineral soil, also allowed seeds and seedlings shelter against direct sunlight, which attenuated soil temperature since without them severe temperature variations and the resulting seedling mortality (Musálem *et al.*, 1991). This protecting effect of the seedlings during the experiment were provided by the 88 and 330 tree densities interacting with control, with 41.5 and 39 % emergence in the first two months.

The emergence process is affected by many factors; it would take a light position if it is attributed to the tree density, to the site conditioning as well as to the effects of these practices upon the ground over the seedbed from different viewpoints: biological (pathogens, consumers), chemical (pH, nutrients), environmental (humidity, light, temperature) and of the physical structure of soil, mainly depth and composition (Shelton and Wittwer, 1991).

During the first five months of life of the seedlings, the highest survival was observed in fallow soil with 83.52 %, with significant differences between treatments (clearance, burning and control). Seedlings at this stage required a loose soil, whose main purpose was to improve drainage and moisture retention (Derr and Mann, 1977). With this practice and a sufficient supply of moisture (during the rainy season), the seedlings had favorable conditions for their survival and development. Moreover, removal (fallow) helped to avoid soil compaction.



330 árboles interactuando con el testigo, con 41.5 y 39 % de emergencias en los primeros dos meses.

El proceso de emergencia es afectado por muchos factores; sería una posición simplista, si se atribuyera a las densidades de arbolado, a las condiciones de preparación de sitio; así como los efectos de estas prácticas al suelo sobre las condiciones de la cama semillera desde diferentes puntos de vista: biológicos (patógenos, consumidores), químicos (pH, nutrientes), ambientales (humedad, luz, temperatura) y de la estructura física del suelo (profundidad y composición) (Shelton y Wittwer, 1991).

Durante los primeros cinco meses de vida de las plántulas, la mayor supervivencia se observó en suelos barbechados con 83.52 %, con diferencias significativas entre tratamientos (limpia, quema y testigo). Las plántulas en esta etapa requirieron de un suelo suelto, cuyo propósito principal fue mejorar su drenaje y retención de humedad (Derr y Mann, 1977). Con dicha práctica y un suministro suficiente de humedad (coincidiendo con el periodo de lluvias), las plántulas tuvieron las condiciones propicias para su supervivencia y desarrollo. Asimismo, la remoción (barbecho) favoreció la no compactación del suelo.

Existen evidencias que señalan que un suelo compactado, a pesar de un abundante suministro de semillas, no presenta alta germinación ni supervivencia de plántulas (Chacón, 1993). Cuando ocurren esos eventos, se ha observado una alta producción de toxinas con falta de oxígeno, en los cuales los procesos de descomposición de los restos orgánicos son diferentes a los que se presentan en los suelos sueltos y aireados (Daubenmire, 1979).

Los suelos que fueron sometidos a limpia, también registraron una alta supervivencia durante los primeros cinco meses (76.11 %), fue altamente significativa con respecto a los otros tratamientos (quema 62.71 % y testigo 61.39 %).

La vegetación removida estuvo constituida por gramíneas, helechos, plantas herbáceas y arbustos leñosos. Los desperdicios eliminados fueron tocones, ramas, conos secos, hojas caídas, y otros restos vegetales en distintas fases de descomposición. Se ha demostrado que si la cantidad de estos y la vegetación es pequeña y están bien distribuidas en el terreno benefician la supervivencia, ya que se crean micrositios húmedos, y bien protegidos contra daños que puedan causar los animales, pero si son abundantes impiden el establecimiento de las plantas, las cuales quedan enterradas o aplastadas. Su velocidad de descomposición también constituye un factor importante que determina el retraso de la regeneración (Minore *et al.*, 1984; Shelton y Wittwer, 1991).

En los sitios estudiados se observó la presencia de individuos del género *Polytrichum*. Algunos estudios demuestran que esos

There is evidence to indicate that a compacted soil, despite a plentiful supply of seeds, not have high germination and seedling survival (Chacón, 1993). In very remote cases where these events occurred, there has been high production of toxins with oxygen shortage, in which the decomposition of organic waste are different from those that occur in loose and aerated soils (Daubenmire, 1979).

The seedlings in soils that underwent clearance also had high survival during the first five months (76.11 %), and was highly significant compared to the other treatments (burning 62.71 % and control, 61.39 %).

The removed vegetation consisted of grasses, ferns, herbs and woody shrubs. Wastes included stumps, branches, dry cones, fallen leaves and other plant debris in various stages of decomposition. It has been shown that if the amount of these and vegetation is small and well distributed in the soil, it benefits survival as moist microsites are created, and well protected from the damages that animals can cause; but, on the other hand, if they are abundant, they prevent establishment of plants which become buried or crushed. Its rate of decomposition is also an important factor determining the delay of regeneration (Minore *et al.*, 1984; Shelton and Wittwer, 1991).

In the study sites the presence of mosses of the genus *Polytrichum* was observed, which provide good conditions for regeneration, since the seeds are easily seep through them, which allows the roots of the pine seedlings to get in touch with mineral soil. Hardly lethal temperatures are recorded by these plants as they reflect substantial amounts of infrared radiation, and their irregular surface promotes heat loss. Also, they do not compete for moisture and nutrients, as they are obtained directly from the air and dust (Smith, 1951). The opposite occurs with grasses and shrubs, which are well adapted to invade the space freed by cuttings; and although they can be useful to protect pine seedlings in the emergence stage, it also represents the long, strong competition for moisture, light, nutrients and growth areas (Creighton *et al.*, 1987).

The presence of ferns, particularly *Pteridium aquilinum* (L.) Kunth in the sites is important because they are competitive and unpalatable organisms which contain chemicals that act as defenses against insects and have a significant capacity to sprout (Ferguson and Boyd, 1988). Phytotoxic effects of humus and litter coming from these plants inhibit the germination and establishment of pine seedlings until they are absolutely eliminated (Dolling, 1996).



organismos proveen buenas condiciones para la regeneración; puesto que las semillas se filtran fácilmente a través de ellos, lo que permite que las raíces de las plántulas de pino se pongan en contacto con el suelo mineral. Es difícil que bajo estas condiciones se alcancen temperaturas letales, dado que los musgos reflejan cantidades substanciales de radiaciones infrarrojas, además su superficie irregular favorece la pérdida de calor; y no compiten por humedad ni nutrientes, ya que los obtienen directamente del aire y el polvo (Smith, 1951). Contrariamente, a lo que sucede con herbáceas y arbustos los cuales están bien adaptados para invadir los espacios liberados por las cortas; y aunque pueden ser útiles para proteger a las plántulas de pino en su etapa de emergencia, también representan, con el tiempo, una fuerte competencia por humedad, luz, nutrientes y espacios de crecimiento (Creighton *et al.*, 1987).

La presencia de helechos, particularmente *Pteridium aquilinum*, en los sitios estudiados es importante, ya que son organismos competitivos y poco palatales, presentan defensas químicas frente a insectos; y cuentan con una capacidad importante para rebrotar (Ferguson y Boyd, 1988). Los efectos fitotóxicos del humus y la hojarasca que provienen de estas plantas inhiben la germinación y el establecimiento de plántulas de pino hasta su eliminación completa (Dolling, 1996).

Durante las etapas intermedias en el desarrollo de las plántulas (8 a 11 meses), se observó la mayor mortalidad (45.59 %). La influencia climática (temperatura y humedad) en ese lapso, probablemente, fue una de las causas más importante. En dicho periodo se registraron los meses con las más bajas temperaturas (enero = 13 °C y febrero = 13.3 °C) y las más altas en el año (marzo = 16.1 °C y abril = 17.2 °C), además de, los meses de menor precipitación (enero = 10.6 mm y abril = 4.6 mm); tales condiciones pudieron tener un efecto en el desarrollo de las plántulas. Marroquín *et al.* (2007) señalan que la falta de regeneración natural y artificial de *Pinus pseudostrabus* en Nuevo León es atribuida a la escasa e irregular precipitación. Asimismo, las altas temperaturas retrasan la germinación o la inhiben el desarrollo y ocasionan la muerte por quemaduras o sequía de las plántulas. En tanto que, las temperaturas bajas producen la expulsión de las mismas (Noble y Alexander, 1977).

Los suelos sometidos a limpia y a barbecho en el transcurso de los primeros ocho meses de vida de las plantas registraron los mejores porcentajes de supervivencia y número de plántulas por hectárea (62.89 % = 4 082 plántula ha<sup>-1</sup> y 60.19 % = 3 749 plántulas ha<sup>-1</sup>, respectivamente) comparados con la quema (45.25 % = 3 424 plántulas ha<sup>-1</sup>), y con el testigo (41.91 % = 3 083 plántulas ha<sup>-1</sup>). En la fase final del estudio (21 meses), la supervivencia no evidenció cambios. Los suelos en los que se aplicaron limpia y barbecho siguieron presentando alta supervivencia y densidad de plántulas ha<sup>-1</sup>; mientras que los suelos bajo condiciones de quema tuvieron menor densidad de plántulas ha<sup>-1</sup>.

During the intermediate stages in the development of the seedlings (8 to 11 months), the highest mortality (45.59 %) was observed. The climatic influence (temperature and humidity) during that time probably was one of the most important causes. In this period the months with the lowest temperatures (= 13 °C in January and February = 13.3 °C), and the highest in the year (March = 16.1 °C and April = 17.2 °C) were registered and in both the less rainy months (January and April = 10.6 mm = 4.6 mm) were recorded as well; such conditions could have an effect on the development of seedlings. Marroquín *et al.* (2007) note that the lack of natural and artificial regeneration of *Pinus pseudostrabus* in Nuevo León is attributed to the low and irregular rainfall, plus the high temperatures which could also delay germination or inhibit development and cause the death of seedling from burns or drought, while low temperatures caused their expulsion (Noble and Alexander, 1977).

Specimens from soils undergoing clean and fallow during the first eight months of life showed the best survival rates and number of seedlings per hectare (62.89 % = 4 082 seedlings ha<sup>-1</sup> and 60.19 % = 3 749 seedlings ha<sup>-1</sup>, respectively) compared with the treatment of burns (45.25 % = 3 424 seedlings ha<sup>-1</sup>) and the control (41.91 % = 3 083 seedlings ha<sup>-1</sup>). During the final phase of the study (21 months), survival showed no changes, for individuals undergoing clearance soil and fallow maintained a high density of seedlings survival and ha<sup>-1</sup>; while those established in soils subjected to burning, had lower values in this regard.

In theory the partial burning well implemented on light soils (2.5 cm deep, approximately) (Roger and Seidel, 1965), can be used in any method of regeneration. The direct effects of burning over organic matter and the heating that occurs in the upper layers, together with the compaction by rain, caused a decrease in the degree of penetration of water, for the same combustion favored mulch and death countless seedlings (Tarrant, 1956; Boggs, 1991).

Bare mineral soil (fallow and clearance) were good seed beds during the seedling stage (5 and 8 months old), even though it is important to prevent the occurrence of extremes of light, temperature and humidity, by a protective canopy, such as that provided by 88 and 140 trees ha<sup>-1</sup> densities. Statistical analyzes are consistent with these results, with average rates of 90 % (5<sup>th</sup> month) to 77 and 90 % (8<sup>th</sup> month) survival of seedlings in fallow / interactions 88 trees ha<sup>-1</sup>, fallow / 140 trees ha<sup>-1</sup> clearance/ 140 trees ha<sup>-1</sup>.



En teoría las quemadas parciales bien aplicadas sobre suelos ligeros (aproximadamente 2.5 cm de profundidad) (Roger y Seidel, 1965) pueden usarse en cualquier método de regeneración. Los efectos directos de la quema a la materia orgánica y el calentamiento que se produce en las capas superiores, aunado a la compactación por las lluvias provocaron una disminución en el grado de penetración del agua, por la misma combustión del mantillo y favorecieron la muerte de un sinnúmero de plántulas (Tarrant, 1956; Boggs, 1991).

Los suelos minerales desnudos (barbecho y limpia) fueron buenas camas semilleras durante la etapa de plántula (5 y 8 meses de edad); aunque es importante prevenir la ocurrencia de condiciones extremas de luz, temperatura y humedad, mediante un dosel protector, como el que aportaron las densidades 88 y 140 árboles  $\text{ha}^{-1}$ . Los análisis estadísticos son consistentes con estos resultados, con porcentajes promedio de 90 % (5º mes) a 77 y 90 % (8º mes) de supervivencia de plántulas en las interacciones barbecho/88 árboles  $\text{ha}^{-1}$ , barbecho/140 árboles  $\text{ha}^{-1}$  y limpia/140 árboles  $\text{ha}^{-1}$ .

Al confrontar los resultados con los de Liming (1945) en *Pinus echinata* Mill., quien observó un mejor establecimiento y una mayor supervivencia, bajo una reducción de 75 % de la cobertura del estrato superior; de igual manera, Velázquez y Musálem (1986) en *Pinus hartwegii* Lindl. y Musálem (1984) en *Pinus montezumae* Lamb. documentan tasas de supervivencia en doseles abiertos, existen evidencias en las que la intensidad de luz de aproximadamente 50 % de sombra o menos presentaron un porcentaje más alto de germinación (Strothman, 1972).

Cabe señalar que la influencia de las diferentes densidades para la emergencia se acentuó de los 2 a los 5 meses de edad de la plántula; por lo tanto hay diferencias significativas entre las variables número de emergencias y las densidades 88, 140 y 330 árboles  $\text{ha}^{-1}$ . El patrón que siguió la emergencia y la supervivencia fue el de valores más altos en las densidades 88 árboles  $\text{ha}^{-1}$  (emergencia) y 140 árboles  $\text{ha}^{-1}$  (supervivencia) Por lo tanto, la mayor o menor germinación y supervivencia inicial dependen de la calidad de la luz.

La luz directa que alcanza el piso forestal a través de las aperturas del dosel está inalterada. La luz difusa que llega al suelo es relativamente rica en ondas azules. La luz filtrada o transmitida bajo la zona de sombra completa o semicompleta es baja en ondas azules y rojas (las más efectivas para la fotosíntesis) y muy rica en infrarroja que puede ser muy dañina para la germinación, supervivencia y crecimiento (Oriandni y Buland, 1972, Harrington, 1977). Esta condición de luz, está fuertemente ligada a las condiciones climáticas prevalecientes en el área de estudio (enero-abril), cuyas consecuencias durante el periodo de 8 a 11 meses fueron una drástica mortalidad de 74.72%, sobre todo en las densidades mínimas

Liming (1945) observed a better establishment and increased survival of seedlings under a 75 % coverage of the upper stratum in *Pinus echinata* Mill. In a similar way, Velázquez and Musálem (1986) in *Pinus hartwegii* Lindl. and Musálem (1984) in *Pinus montezumae* Lamb. documented survival rates in open canopies. There is evidence that in the light intensity of approximately 50 % or less shade there was a higher percentage of germination (Strothman, 1972).

It should be noted that the influence of the different densities for emergence worsened in the 2 to 5 months old seedlings; thus, there are significant differences between the variables emergence number and 88, 140 and 330 trees  $\text{ha}^{-1}$  densities. The pattern that followed the emergence and survival was that of higher values in the densities has 88 trees  $\text{ha}^{-1}$  density (emergence) and 140 trees  $\text{ha}^{-1}$  (survival) Therefore, the initial degree of germination and survival dependent on light quality.

Direct light reaching the forest floor through the canopy openings is unchanged. The diffuse light that carries the soil is relatively rich in blue waves. The filtered or transmitted in the area of full or semi-full shade light is low in blue and red waves (the most effective for photosynthesis) and very rich in infrared which can be very harmful for germination, survival and growth (Oriandni and Buland, 1972; Harrington, 1977). This lighting condition is strongly linked to the prevailing weather conditions in the study area (January-April), the consequence of which for the 8-11 months period was a drastic mortality, 74.72 %, especially in low- and intermediate tree densities (21, 61 and 88 trees  $\text{ha}^{-1}$ ). In this term, temperature and humidity were adverse, with a combination of very low (January and February) to very high temperatures in the year (March-April), both with the months of lowest rainfall (January to April).

Growth. Plants require optimum illumination to grow; however, from the conditions of forest management within the study area, the seedlings varied widely in their ability to grow under varying degrees of shade (tolerance), so that at lower density and degrees of coverage seedlings became taller, as it was noted in the 0 and 21 trees  $\text{ha}^{-1}$  densities. There is evidence that the development of pine seedlings roots and the height they reach is reduced, if they grow in low light levels, regardless of their tolerance (Baker, 1945).





e intermedias de arbolado (21, 61 y 88 árboles  $\text{ha}^{-1}$ ). En ese período, las condiciones de temperatura y humedad fueron adversas, con una combinación de temperaturas de muy bajas (enero y febrero) a muy altas en el año (marzo-abril), ambas con los meses de menor precipitación (enero-abril).

**Crecimiento.** Las plantas para su crecimiento requieren de una iluminación óptima; sin embargo, por las condiciones de manejo forestal dentro del área de estudio, las plántulas variaron ampliamente en su capacidad para crecer bajo diferentes grados de sombra (tolerancia), de tal manera que a menor densidad y grados de cobertura: mayor altura de las plántulas, como se observó en las densidades 0 y 21 árboles  $\text{ha}^{-1}$ . Existen evidencias de que el desarrollo de las raíces de las plántulas de pino y la altura que llegan a alcanzar, se reduce, si crecen en niveles bajos de iluminación, independientemente de su tolerancia (Baker, 1945).


Las alturas promedio en cada etapa de evaluación fueron variables en las diferentes densidades. Las densidades 61, 88 y 330 árboles  $\text{ha}^{-1}$  mostraron su mayor incremento en altura durante mayo-septiembre, mientras que las densidades 0, 21 y 140 árboles  $\text{ha}^{-1}$  lo registraron de septiembre-marzo. Estas cifras se presentaron en gran parte de las estaciones de primavera y verano, cuyas temperaturas en los meses de marzo a junio fueron las más altas en el año, mientras que de julio a septiembre fueron intermedias, pero acompañadas de los meses más lluviosos. La combinación de estos factores (diferentes intensidades de luz, proyectadas por las diferentes densidades de arbolado, humedad y temperatura) propiciaron un medio adecuado para la altura de estas plantas. Durante el periodo que duró el estudio, se observó que para las coberturas intermedias (61 y 88 árboles  $\text{ha}^{-1}$ ), las plántulas presentaron una altura promedio muy similar. Los resultados fueron consistentes con los que algunos autores han consignado en estudios de crecimiento en altura de repoblación natural en diversas especies, bajo diferentes densidades y coberturas de dosel superior (Musálem, 1984; Velázquez *et al.*, 1985). La altura promedio de las plántulas en la densidad 330 árboles  $\text{ha}^{-1}$  en todo el periodo, fue inferior al resto de las densidades. Estos datos concuerdan con los de Boyer (1963) quien señala, que a medida que se incrementa la cobertura de los árboles, se suprime el crecimiento de las plantas, lo que resulta en individuos de diferentes tamaños. McDonald (1976) probó que con la aplicación de diferentes métodos de corta de regeneración, el crecimiento de las plántulas es mayor conforme aumenta la intensidad de corta.

## Conclusiones

En la densidad intermedia del arbolado (88 árboles  $\text{ha}^{-1}$ ) se presentó una mayor emergencia de plántulas de más de 34 %, por lo cual resultó innecesaria la aplicación de tratamiento de preparación de sitio durante esta etapa. Con las actividades de barbecho y limpia se obtuvo una supervivencia de más de

The average heights in each evaluation period were dissimilar in different densities. The 61, 88 and 330 trees  $\text{ha}^{-1}$  showed the largest increase during May to September, while 0, 21 and 140 trees  $\text{ha}^{-1}$  recorded as such from September to March. These figures were verified in much of spring and summer, with temperatures in the months of March to June as the highest in the year, while from July to September they were intermediate, but accompanied by the wettest months. The combination of these factors (light intensities reflected by the different densities of trees; humidity and temperature), probably led to a suitable medium for the height of these plants. Throughout the study, it was observed that under the intermediate cover (61 and 88 trees  $\text{ha}^{-1}$ ), the seedlings reached very similar average heights. The findings in this regard were consistent with what some authors have reported on studies of height growth of natural regeneration in various species under different densities and higher canopy cover (Musálem, 1984; Velázquez *et al.*, 1985). Meanwhile the average height of seedlings at 330 trees  $\text{ha}^{-1}$  density during the period was lower than developed under the other densities. These results agree with those of Boyer (1963) who noted that as the tree cover increases, the growth of plants is deleted, which result as individuals of different sizes. McDonald (1976) proved that with the application of the different regeneration cutting methods, the growth of seedlings becomes greater as the cuttings were more intense.

## Conclusions

In the intermediate density of trees (88 trees  $\text{ha}^{-1}$ ) increased seedling emergence of more than 34% occurred, for which the application of any site preparation treatment was unnecessary during this stage. With activities of clearance and fallow, a survival of 60% in the 5<sup>th</sup> and 8<sup>th</sup> month of life of the plant was obtained. 88 and 140 trees  $\text{ha}^{-1}$  Interactions with the activities listed above showed a survival of 70 to 90%, particularly in the ages of 5 and 8 months. The height of the seedlings was best in density 0 trees  $\text{ha}^{-1}$ , whereas the 330 trees  $\text{ha}^{-1}$  significantly affected their development. There is a drastic seedling mortality from 5 to 11 months old over 70%, with a survival curve of negative exponential type with a tendency to stabilize in the month 15. The highest mortality percentage of *Pinus pseudostrabus* took place from March to June, which coincides with the hottest time of the year. The most outstanding heights reached by the studied species were recorded in spring and summer, when temperatures and rainfall were the highest in the year. 



60% en el 5º y 8º mes de vida de la planta. Las interacciones 88 y 140 árboles ha<sup>-1</sup> con las actividades indicadas mostraron una supervivencia de 70 y 90 %, en particular en las edades de 5 y 8 meses. La altura de las plántulas fue mejor en la densidad 0 árboles ha<sup>-1</sup>, mientras que en la de 330 árboles ha<sup>-1</sup> su desarrollo fue significativamente afectado. Existe una drástica mortalidad de plántulas de los 5 a los 11 meses de edad de más de 70%, con una curva de supervivencia de tipo exponencial negativo con tendencia a estabilizarse a partir del mes 15. El mayor porcentaje *Pinus pseudostrabus* tuvo lugar de marzo a junio, lo que coincide con los más calientes del año. Las alturas más destacadas alcanzadas por la especie de interés se registraron en primavera y verano, cuyas temperaturas y precipitaciones fueron las más altas. 🌿

## Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

## Contribución por autor

Miguel Ángel Bello González: planeación en gabinete y ejecución de trabajo de campo; Gerardo Segura Warnholtz: revisión del artículo; María Elena Tinoco Espinosa: análisis estadístico y establecimiento en campo de las unidades de investigación; Ma. Blanca Nieves Lara Chávez: trabajo de campo; Rafael Salgado Garciglia: revisión del manuscrito y asesoría.

## Agradecimientos

Los autores desean reconocer el apoyo brindado al proyecto PIFI/2012-16MSU0014T-04-01 UMSNH.

## Referencias

- Baker, F. S. 1945. Effects of shade on coniferous seedlings grown in nutrient solutions. *Journal of Forestry* 43: 428-435.
- Duryea, M. L. and P. M. Dougherty (eds.). *Forest Regeneration Manual*. Kluwer Academic Publishers. Boston, MA, USA. pp. 51-60.
- Boggs, J. A. 1991. Evaluation of shortleaf pine germination and early survival under various seedbed conditions. M. S. Thesis. Oklahoma State University. Stillwater, OK, USA. 35 p.
- Boyer, W. D. 1963. Development of longleaf pine seedling under parent trees. USDA Forest Service. New Orleans, LA, USA. Research Paper SO-181. 1 p.
- Chacón S., J. 1993. Comportamiento de la repoblación natural de *Pinus arizonica*, bajo diferentes grados de cobertura de dosel de árboles padre. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx., México. 65 p.
- Creighton, J. L., B. R. Zutter, G. R. Glover and D. H. Gjerstad. 1987. Planted pine growth and survival response to herbaceous vegetation control, treatment duration, and herbicide application technique. *South. Journal of Applied Forestry* 11 (4): 223-227.
- Daniel, T. W., J. A. Helms y F. S. Baker. 1982. *Principios de Silvicultura*. M McGraw-Hill. México, D.F., México. 492 p.
- Daubenmire, R. F. 1979. *Ecología Vegetal*. Tercera edición. Editorial Limusa. México, D.F., México. 496 p.
- Derr, H. J. and Jr. W. F. Mann. 1977. Bedding poorly drained sites for planting loblolly and slash pine in southwest Louisiana. USDA Forest Service. New Orleans, LA, USA. Research Paper SO-134. 5 p.

## Conflict of interests

The authors declare no conflicts of interest.

## Contribution by author

Miguel Ángel Bello González: planning of the research project and field work; Gerardo Segura Warnholtz: review of the manuscript; María Elena Tinoco Espinosa: statistical analysis and establishment of the research units at the field; Ma. Blanca Nieves Lara Chávez: field work; Rafael Salgado Garciglia: technical advice and review of the manuscript.

## Acknowledgements

The authors acknowledge the support provided to this work by the PIFI/2012-16MSU0014T-04-01 UMSNH project.

*End of the English version*



- Dolling, A. H. 1996. Interference of bracken (*Pteridium aquilinum* L. Kuhn.) with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) and Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) seedling establishment. *Forest Ecology and Management* 88 (3): 227-237.
- Farjon, A. and B. T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). *Flora Neotrópica*. Monograph 75. New York Botanical Garden. New York, NY, USA. 291 p.
- Ferguson, D. E. and R. J. Boyd. 1988. Bracken Fern Inhibition of Conifer Regeneration in Northern Idaho. USDA Forest Service. Intermountain Research Station INT-388. Ogden, UT, USA. 11 p.
- Harrington, M. 1977. Response of Ponderosa Pine Seeds to Light. USDA Forest Service. Intermountain Forest and Range Experiment Station. Ogden, UT, USA. Research Note INT-220. 8 p.
- Heiligmann, R. and G. Schneider. 1975. Black walnut seedling growth in wind protected microenvironments. *Forest Science* 21: 293-297.
- Liming, F. G. 1945. Natural regeneration of Shortleaf pine in the Missouri Ozarks. *Journal of Forestry* 43(1): 339-345.
- López-Upton, J. 2002. *Pinus pseudostrabus* Lindl. In: Vozzo, J. A. (ed.). *Tropical Tree Seed Manual* USDA Forest Service. Washington, DC, USA. pp. 636-638.
- Marroquín F., R. A. J. Jiménez P., F. Garza O., O. A. Aguirre C., A. E. Estrada C. y R. Bourguet D. 2007. Regeneración natural de *Pinus pseudostrabus* en zonas degradadas por incendios. *Ciencia UANL* 10 (1): 33-37.

- McDonald, M. P. 1976. Inhibiting effect of ponderosa pine seed tree on seedling growth. *Journal of Forestry* 220-224.
- Minore, D., N. J. Graham and W. E. Murray. 1984. Environment and Forest Regeneration in the Illinois Valley Area of Southwestern Oregon. Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station, Forest Service, U. S. Department of Agriculture. Restore Note PNW-413. Portland, OR, USA. 20 p.
- Musálem S., M. A. 1984. Effect of environmental factors on regeneration of *Pinus montezumae* Lamb. in a temperate forest of Mexico. Ph. D. Thesis. Yale University. New Haven, CT USA. 244 p.
- Musálem S., M. A., A. M. Velázquez y M. J. González. 1991. Algunas consideraciones ecológicas-silvícolas en el establecimiento de la regeneración natural en bosques de clima templado frío de la región central. *Agrociencia* 1 (3): 55-75.
- Noble, L. D. and R.R. Alexander. 1977. Environmental factors affecting natural regeneration on Engelmann spruce in the central Rocky Mountains. *Forest Science* 23 (4): 420-429.
- Oriandri, M. and C. Buland. 1972. Photosensitivity of *Pinus banksiana* seeds. *Biology Plants* 14: 260-268.
- Perry, J. P. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press Portland, Portland, OR, USA. 231 p.
- Pomeroy, K. B. 1949. The germination and initial establishment of Loblolly Pine under various surface soil conditions. *Journal of Forestry* 47 (7): 541-543.
- Roe, A. L., R. R. Alexander and M. D. Andrews. 1970. Engelmann spruce regeneration practice in the Rocky Mountain. Washington, DC, USA. Proceedings Restore Paper 115. 32 p.
- Rogers, N. F. and K. W. Seidel. 1965. Seeding shortleaf pine in the Missouri Ozarks. USDA Forest Service. Culumbus, OH, USA. Restore Paper CS-8. 12 p.
- Sáenz-Romero, C. y R. Linding-Cisneros. 2004. Evaluación y propuestas para el programa de reforestación en Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita* 37:107-122.
- Saksa, T. 1994. Natural regeneration on prepared areas. Some reason for the variation. *Investigación Agraria, Sistemas y Recursos Forestales*, LN. LA. Fuera de Serie 3: 231-240.
- Shelton, G. M. and F. Wittwer. 1991. Effects of seed bed condition on natural Shortleaf pine regeneration. In: Brissette, J. C. and J. P. Barnett (comps.). Proceeding: Shortleaf pine regeneration workshop. US. Forest Service. General Technical Report SO-90. Little Rock, AK USA. pp. 124-139.
- Smith, M. D. 1951. The influence of seedbed conditions on the regeneration of Eastern White Pine. *Bull.* 545. The Connecticut Agricultural Experiment Station. New Haven, CT, USA. 61 p.
- Smith, M. D. 1986. The practice of silviculture. 8<sup>o</sup>. ed. John Wiley & Sons Inc. New York, NY, USA. 527 p.
- Spurr, S. H. y B. V. Barnes. 1982. *Ecología Forestal*. AGT Editorial. México, D.F., México. 690 p.
- Statgrafic Plus. 2002. Statgraphic Plus. Ver. 5.1. Statpoint Technologies Incorporated. Warrenton, VA, USA. CD-ROM.
- Strothman, R. O. 1972. Douglas-fir in northern California: effects of shade on germination, survival, and growth. USDA Forest Service. Restore paper. Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station. Berkeley, CA, USA. Research Paper PSW-84. 15 p.
- Tarrant, R. F. 1956. Effect of slash burning on some physical soil properties. *Forest Science* 2:18-22.
- Taylorson, R. B. and S. B. Hendricks. 1977. Dormancy in Seeds, *Annual Review of Plant Physiology* 28: 331-354.
- Varela H., S. 1998. Los recursos forestales de México. Memoria del ciclo de conferencias: El sector forestal de México, avances y perspectivas. Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca. México, D.F., México. pp. 29-43.
- Velázquez M., A., M. Keyes R. y G. Zárate. 1985. Influencia de la intercepción de la luz solar en el crecimiento de la regeneración artificial de *Pinus hartwegii* Lindl. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. México, D.F., México. Publicación Especial Núm. 48. pp. 579-594.
- Velázquez M., A., M. A. Musálem S. 1986. Comportamiento de la viabilidad de la semilla de *Pinus hartwegii* Lindl., almacenada en el piso forestal. *Agrociencia* 64: 141-146.

