



Artículo / Article

Supervivencia de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. et Cham. en campo mediante la aplicación de espuma fenólica hidratada

Pinus leiophylla Schiede ex Schltdl. et Cham. survival in the field from the addition of cell phenolic foam

Abraham Palacios Romero¹, Rodrigo Rodríguez Laguna², Francisco Prieto García¹, Joel Meza Rangel², Ramón Razo Zárata² y María de la Luz Hernández Flores¹

Resumen

En México se han puesto en marcha diversos programas de reforestación para recuperar superficie deforestada. Sin embargo, los resultados de las evaluaciones indican que la supervivencia es inferior a 60 %, lo que se atribuye a las sequías prolongadas como una de las principales causas de la mortalidad. Por ello, se propone la espuma fenólica de célula abierta como alternativa para esta situación, la cual es una resina capaz de almacenar 40 veces su propio peso en agua. Para probar su efectividad, se estableció una plantación de acuerdo a la metodología propuesta por la Comisión Nacional Forestal en la comunidad de San Sebastián, en el municipio Huasca de Ocampo, estado de Hidalgo, en la que se utilizó planta de *Pinus leiophylla* de un año de edad producida en sistema tecnificado. Se aplicaron cinco tratamientos de bloques de espuma fenólica de célula abierta de diferentes volúmenes hidratados en un diseño experimental de bloques completos al azar; se determinaron la supervivencia, el crecimiento en altura y el incremento en diámetro. Se observó un aumento significativo en la supervivencia de hasta 26 % en las plantas al utilizar bloques de espuma de 462 y 616 cc con respecto a las testigo, así como un crecimiento significativamente mayor de 6.6 cm en la altura al usar espuma fenólica del primer tipo, lo que no ocurrió con el diámetro.

Palabras clave: Crecimiento, estrés hídrico, plantación forestal, reservorio de agua, reforestación, resistencia a sequías.

Abstract

Several reforestation programs to recover deforested areas have been installed in Mexico. However, the evaluation results indicate that survival is less than 60 %, which is attributed to prolonged drought as a major cause of mortality. Therefore, the open cell phenolic foam is proposed as an alternative to this problem, which is a resin capable of storing 40 times its own weight in water. In order to test its effectivity, a plantation according to the methodology proposed by the *Comisión Nacional Forestal* in the community of *San Sebastián*, in *Huasca de Ocampo* municipality, *Hidalgo* State, in which one year- old *Pinus leiophylla* plants produced in a technified system were used. Five treatments of open cell phenolic foam blocks of different hydrated volumes were tested in an experimental design of randomized complete block. Survival, growth in height and diameter increase were determined. A significant increase up to 26 % was observed in the survival of plants with foam blocks of 462 and 616 cc with respect to the control; regarding height growth, significantly higher growth, up to 6.6 cm was observed in plants with phenolic foam of 462 cc, a reaction to which did not happen with the diameter.

Key words: Growth, water stress, forest plantation, water reservoir, reforestation, drought resistance.

Fecha de recepción/date of receipt: 1 de octubre de 2015; Fecha de aceptación/date of acceptance: 19 de diciembre de 2015.

¹ Instituto de Ciencias Básicas e Ingenierías. Área Académica de Química. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Correo-e: abraham.palacios.romero@gmail.com

² Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Introducción

El cambio climático afecta a todos los ecosistemas, que enfrentan ya diversos retos y presiones (Nelson *et al.*, 2009). La deforestación es una de las acciones que más impacto negativo tienen en el medio ambiente, además de que pone en riesgo la integridad cultural y estilo de vida de distintas comunidades que dependen de los bosques para subsistir (Kanninen *et al.*, 2007). La disminución de la cobertura forestal genera pérdida de biomasa, fragmentación territorial, y modifica el ciclo hidrológico, así como el régimen de temperatura y de precipitación, de manera que las especies de animales y plantas nativas quedan vulnerables ante condiciones ambientales adversas (Debinski y Holt, 2000; Cayuela, 2006; López, 2012).

Afortunadamente en México se han puesto en marcha diversos programas de reforestación para recuperar la superficie deforestada; sin embargo, las evaluaciones revelan que la supervivencia es inferior a 60 %, debido a diversos factores como el pastoreo, la competencia con la vegetación nativa, los incendios y las sequías prolongadas (UANL, 2009). Esta última provoca estrés hídrico que ocasiona cambios en la fisiología de las plantas e incide en la mayor parte de sus funciones vitales, que se traduce en la pérdida de turgencia celular, la reducción de la tasa de expansión celular, la disminución de la síntesis de pared celular y reducción de síntesis de proteínas; cuando el déficit hídrico es severo, se produce cavitación de los elementos del xilema, caída de las hojas, acumulación de solutos orgánicos, marchitez y muerte de la planta (Moreno, 2009).

Con base en lo anterior, en los últimos 20 años el trabajo científico se ha enfocado en la elaboración de tecnologías ahorradoras de agua, con el fin de asegurar la supervivencia de las plantas en campo debido a que se espera que las épocas de lluvia se vuelvan más erráticas a consecuencia del cambio climático (Nelson *et al.*, 2009). Por ello, se propone la espuma fenólica de célula abierta como alternativa, pues es una resina sintética capaz de almacenar más de 40 veces su propio peso en agua (Gardziella *et al.*, 2000), por lo que se le ha utilizado como sustrato en cultivos hidropónicos (Pilato, 1979; Coccozza y De Lucia, 1994; Coelho, 2010).

Pinus leiophylla Schiede ex Schltdl. et Cham. es uno de los pinos de mayor distribución en México (Santillán, 1991). Se le considera como especie pionera, ya que es capaz de establecerse en suelos pobres y cubiertos de lava volcánica (Eguluz, 1978 citado por Musálem y Martínez, 2003). Su madera es muy apreciada en distintas industrias como la de la construcción, la papelera e industrias rurales. Sin embargo, sus poblaciones naturales ocupan la franja altitudinal más baja de los bosques de pino, cercana a la frontera agrícola, por lo que están sometidas a una tala inmoderada, lo que ha reducido drásticamente su superficie en ciertas zonas (Musálem y Martínez, 2003). A pesar de esto, se espera que

Introduction

Climate change affects all ecosystems, which already face many challenges and pressures (Nelson *et al.*, 2009). Deforestation is one of the actions that have more negative impact on the environment, in addition to threatening the cultural integrity and lifestyles of different communities that depend on forests for their livelihoods (Kanninen *et al.*, 2007). The decrease of forest cover favors biomass loss and land fragmentation and modifies the hydrological cycle, as well as the regime of temperature and precipitation, so that the native species of animals and plants remain vulnerable to adverse environmental conditions (Debinski and Holt, 2000; Cayuela, 2006; López, 2012).

Fortunately, several reforestation programs to recover deforested areas have been installed in Mexico. However, evaluations reveal that survival is less than 60 %, due to various factors such as grazing, competition with native vegetation, fires and prolonged droughts (UANL, 2009). The latter causes water stress which leads to changes in the physiology of plants and affects most of its vital functions, resulting in the loss of turgidness, reduction of the rate of cell expansion, decreased synthesis of cell wall and reduced protein synthesis; when the water shortage is severe cavitation of xylem elements, falling leaves, accumulation of organic solutes, wilting and plant death occurs (Moreno, 2009).

Therefore, in the last 20 years scientific work has focused on the development of water-saving technologies in order to ensure the survival of the plants in the field because it is expected that the rainy season is to become more erratic as a result of climate change (Nelson *et al.*, 2009). Thus, the open cell phenolic foam is proposed as an alternative, as it is a synthetic resin capable of storing more than 40 times its own weight in water (Gardziella *et al.*, 2000), so it has been used as substrate in hydroponic cultures (Pilato, 1979; Coccozza and De Lucia, 1994; Coelho, 2010).

Pinus leiophylla Schiede ex Schltdl. et Cham. is one of the most widely distributed pine species in Mexico (Santillán, 1991). It is considered a pioneer species, since it is able to establish itself in poor soils covered by volcanic lava (Eguluz, 1978 in Musálem and Martínez, 2003). Its wood is highly valued in different industries such as construction, paper and rural industries. However, its natural populations occupy the lowest in the pine forests, near the agricultural frontier, which have subjected it to excessive logging, which has drastically reduced its surface in certain areas (Musálem and Martínez, 2003). Despite this, it is expected that due to the effects of climate change, its distribution range will increase 35.5 % (Arriaga and Gómez, 2004) so it will be necessary to establish management plans for the establishment that include the changes in rainfall patterns.



por los efectos del cambio climático, su área de distribución se incrementa 35.5 % (Arriaga y Gómez, 2004) por lo que será necesario establecer planes de manejo para su establecimiento que contemplen las variaciones en los regímenes de lluvia.

El objetivo del presente trabajo consistió en evaluar la supervivencia, altura y diámetro en etapas iniciales de plantas de *Pinus leiophylla* al adicionar bloques de espuma fenólica hidratados al momento de la plantación en campo.

Materiales y Métodos

El ensayo se estableció en la comunidad de San Sebastián en el municipio Huasca de Ocampo, del estado de Hidalgo, que se ubica entre los 20°15'7.96" N y los 98°31'38.59" O. La región se encuentra a una altitud que va de los 1 800 a los 2 800 m, posee un clima de tipo Cw, con una temperatura media anual de 15 °C y una precipitación promedio anual de 752 mm (Chávez *et al.*, 2001). En el Cuadro 1 se describen las condiciones de precipitación y temperatura que prevalecieron en el sitio durante el periodo de evaluación, de agosto de 2014 a febrero de 2015.

Based on the above, the aim of this study was to evaluate survival, height and diameter at early stages of *Pinus leiophylla* plants by adding hydrated phenolic foam blocks at the time of planting in the field.

Materials and Methods

The trial was established in the community of San Sebastián in the Huasca de Ocampo municipality, Hidalgo State, which lies between 20°15'7.96" N and 98°31'38.59" W. The altitude at the region ranges from 1 800 to 2 800 m; it has a climate of the Cw type, with an average annual temperature of 15 °C and an average annual rainfall of 752 mm (Chávez *et al.*, 2001). The precipitation and temperature conditions prevailing at the site during the evaluation period, August 2014 to February 2015 are described in Table 1.



Cuadro 1. Condiciones de precipitación y temperatura prevalecientes en la zona de estudio durante el periodo agosto, 2014 - febrero, 2015.

Table 1. Precipitation and temperature prevailing in the study area during the August 2014 - February 2015 period.

Variable	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
Precipitación (mm)	59.8	116.6	160.6	26.2	12.2	15.6	3.2
Temperatura Media (°C)	15.3	15.0	13.5	11.8	11.9	17.8	20.1

*Información tomada de la estación meteorológica Huasca de Ocampo del INIFAP, ubicada en el municipio homónimo.

*Data taken from the Huasca de Ocampo's weather station of INIFAP, located in the homonymous municipality.

Se utilizaron plantas de un año de edad, producidas en sistema tecnificado, que fueron entregadas en paquetes de 15 individuos envueltos en plástico delgado en la parte del cepellón que contenía 170 cc de volumen cada una; además, se cuidaron durante el transporte para llevarla al sitio de plantación; al momento de introducir las se seleccionaron, mediante una evaluación visual, plantas libres de enfermedades, con $\frac{2}{3}$ partes del tallo lignificado, con acículas y fascículos completamente desarrollados.

Las cepas (30 x 30 x 30 cm) se realizaron en la misma fecha del trasplante; la tierra extraída fue dividida en dos partes con la finalidad de que la superficial, que contiene mayor cantidad de nutrientes, se depositara en la parte profunda de la cepa. Las plantas se colocaron en el centro de la misma con su respectivo tratamiento (con el fin de que la espuma hidratada tuviera la mayor superficie de contacto con el cepellón). Se procedió a rellenar las cepas, y se separaron los grumos o

One year- old plants were used, which were produced in a technified system, and that were delivered in packages of 15 individuals wrapped in thin plastic on the part of the root ball containing 170 cc volume each; also good care was taken in their transportation to the planting site; through a visual assessment, at the time of placing them, disease-free plants, with $\frac{2}{3}$ of the woody stem with needles and fully developed fascicles were selected.

Plantation holes (30 x 30 x 30 cm) were made on the same date of transplantation; the extracted soil was divided in two parts in order that the surface portion containing more nutrients was deposited in the deepest part of the hole. The plants were placed in the center thereof with their respective treatment (so that the hydrated foam had the largest area of contact with the root ball). The holes were filled, and lumps or large rocks were removed to avoid macropores in the soil; in addition, the soil around the plant was slightly compacted with

rocas de gran tamaño para evitar macroporos en el suelo; además, se compactó ligeramente alrededor de la planta, con los pies (Conafor, 2013). La plantación se estableció en diseño de marco real con separación entre plantas y líneas de 3 x 3 m para obtener una densidad de 1 111 plantas por hectárea y con un diseño experimental de bloques completos al azar.

Se aplicaron cinco tratamientos al momento de la plantación (Cuadro 2); cada uno de ellos estuvo conformado por tres repeticiones de 30 plantas cada una, lo que sumó un total de 90 individuos por tratamiento y 450 plantas en todo el experimento.

Las variables estudiadas fueron: supervivencia, y crecimiento en altura y diámetro. La supervivencia fue evaluada de manera visual con la metodología de Barchuk y Díaz (2000), la cual indica que si el ejemplar presenta signos de marchitez, ausencia de turgencia y pérdida de coloración característica de la especie, se le considera muerto. Las mediciones se realizaron cada mes durante seis meses, ya que es el tiempo en el que muere en campo la mayoría de plantas (Sigala *et al.*, 2015).

El crecimiento en altura y diámetro se evaluó en el total de las plantas. Se midió con la metodología de Pereira (2014), que consiste en medir tales atributos a partir de imágenes digitales; para ello se utilizó una cámara digital *Nikon Coolpix S2800*; para el procesamiento de las imágenes se trabajó con el programa *ImageJ* versión 1.48. Las fotografías se tomaron de forma paralela a las plantas a una distancia aproximada de 50 cm, con un referente preestablecido; para la altura, se consideró desde la base hasta la yema apical, y el diámetro a una altura aproximada de 5 cm de la base de la planta.

Los datos individuales obtenidos por mes para la variable supervivencia fueron sometidos a un análisis con el estimador de *Kaplan-Meier*. En caso de que se presentaran diferencias significativas, se aplicó la prueba de *Log-Rank*, para determinar el tratamiento más eficaz.

A los datos de crecimiento en altura y en diámetro después de seis meses se les hizo un análisis de covarianza, para lo que se incorporó un modelo lineal generalizado en el paquete estadístico *Statistica* versión 7.0; los valores de altura y diámetro inicial se identificaron como covariables; cuando se verificaron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$), se realizó la prueba de comparación múltiple de medias de *Tukey* con el propósito de reconocer el tratamiento en el que se registró el mayor crecimiento de las plantas en campo.

the feet (Conafor, 2013). The plantation was established in real frame design with spacing of 3 x 3 m between plants and lines to obtain a density of 1 111 plants per hectare and with an experimental design of randomized complete blocks.

Five treatments at planting time (Table 2) were applied; each treatment consisted of three replications of 30 plants each, with a total of 90 individuals and 450 treatment plants throughout the experiment.

The studied variables were: survival, and growth in height and diameter. Survival was evaluated visually by using the methodology of Barchuk and Díaz (2000), which indicates that if the sample shows signs of wilting, lack of firmness and loss of characteristic color of the species, the plant is considered dead. Measurements were made every month for a period of six months, as it is the time when most plants die in the field (Sigala *et al.*, 2015).

The height and diameter growth was evaluated in all plants. It was measured by using the methodology of Pereira (2014), which measures those dimensions from digital images; a *Nikon Coolpix S2800* digital camera was used for this ending; for image processing, the *ImageJ* version 1.48 program was used. The photographs were taken in parallel to the plants at a distance of 50 cm, with a pre-set reference; height was considered from the base to the apical bud, and the diameter was measured at a height of 5 cm from the base of the plant.

The individual data per month for survival were subjected to an analysis by the *Kaplan-Meier* estimator. If there were any significant differences, the *log-rank* test was used to determine the most effective treatment.

The individual data of growth in height and diameter after six months were submitted to analysis of covariance, for which a generalized linear model was applied in version 7.0 *Statistica* statistical package; initial values height and diameter were used as covariates; when statistical differences ($P \leq 0.05$) were verified, the multiple comparison test of *Tukey* for the purpose of identifying the fastest growing treatment plants in the field was made.



Cuadro 2. Descripción de los tratamientos aplicados en el estudio.

Tratamiento	Descripción
Bloque de espuma fenólica de 231 cc de volumen (T1)	Un bloque de espuma fenólica hidratada de 3.3 x 7 x 10 cm colocado a un costado del cepellón de la planta a una profundidad de 5-7 cm por debajo de la superficie.
Bloque de espuma fenólica de 308 cc de volumen (T2)	Un bloque de espuma fenólica hidratada de 4.4 x 7 x 10 cm colocado a un costado del cepellón de la planta a una profundidad de 7 cm por debajo de la superficie.
Dos bloques de espuma de 231 cc de volumen (con un total de 462 cc de volumen (T3)	Dos bloques de espuma fenólica hidratada de 3.3 x 7 x 10 cm colocados a cada costado del cepellón de la planta a una profundidad de 7 cm por debajo de la superficie.
Dos bloques de espuma fenólica de 308 cc de volumen, con un total de 616 cc de volumen (T4)	Dos bloques de espuma fenólica hidratada de 4.4 x 7 x 10 cm colocados a cada costado del cepellón de la planta a una profundidad de 7 cm por debajo de la superficie.
Testigo (T5)	La planta se trasplantó de manera tradicional, sin adicionar espuma fenólica hidratada.

Table 2. Description of the treatments used in the study.

Treatment	Description
One block of phenolic foam of a 231 cc volume (T1)	One 3.3 x 7 x 10 cm block of cell phenolic foam placed at each side of the root ball of the plant at 7 cm deep under the surface.
One block of phenolic foam of a 308 cc volume (T2)	One 4.4 x 7 x 10 cm block of cell phenolic foam placed at each side of the root ball of the plant at 7 cm deep under the surface.
Two blocks of phenolic foam of a 231cc volume, with a total volume of 462 cc (T3)	Two 3.3 x 7 x 10 cm blocks of cell phenolic foam placed at each side of the root ball of the plant at 7 cm deep under the surface.
Two blocks of phenolic foam of a 308 cc volume, with a total volume of 616 cc (T4)	Two 4.4 x 7 x 10 cm blocks of cell phenolic foam placed at each side of the root ball of the plant at 7 cm deep under the surface.
Control (T5)	The plant was transplanted in the traditional way, without adding cell phenolic foam.

Resultados y Discusión

Supervivencia

El estimador *Kaplan-Meier* indicó diferencias significativa entre los tratamientos ($P=0.00004$) en la supervivencia: las plantas testigo tuvieron una proporción de supervivencia a los 180 días (6 meses) de 0.47, mientras que las plantas con espuma fenólica de 616 cc y 462 cc registraron una proporción de supervivencia superior a 0.7 (0.74 y 0.72 respectivamente) (Figura 1).

Esto implica que al establecer una plantación bajo esas condiciones, el testigo puede perder más de 50 % de sus individuos en menos de seis meses; resultados similares han sido documentados por Colpos (2008), UANL (2009), UACH (2010) y Coneval (2012). Los valores concuerdan con los de Bezerra *et al.* (2010) y Muller *et al.* (2012), que consiguieron un incremento significativo en la supervivencia al adicionar espuma fenólica para plantas de *Lactuca sativa* L. e híbridos

Results and Discussion

Survival

The Kaplan-Meier estimate indicates significant differences between treatments ($P = 0.00004$) on survival: control plants had a survival rate at 180 days (6 months) of 0.47, while plants with 616 cc and 462 cc phenolic foam have a ratio of greater survival than 0.7 (0.74 and 0.72 respectively) (Figure 1).

This implies that to establish a plantation under these conditions, control can lose more than 50 % of its members in less than six months; similar results have been reported by Colpos (2008), UANL (2009), UACH (2010) and Coneval (2012). These results agree with those of Bezerra *et al.* (2010) and Muller *et al.* (2012), which recorded a significant increase in survival by adding phenolic foam to *Lactuca sativa* L. plants and hybrids of *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake and *E. resinifera* Sm. in up to 23 % and 22 %, respectively under greenhouse conditions.

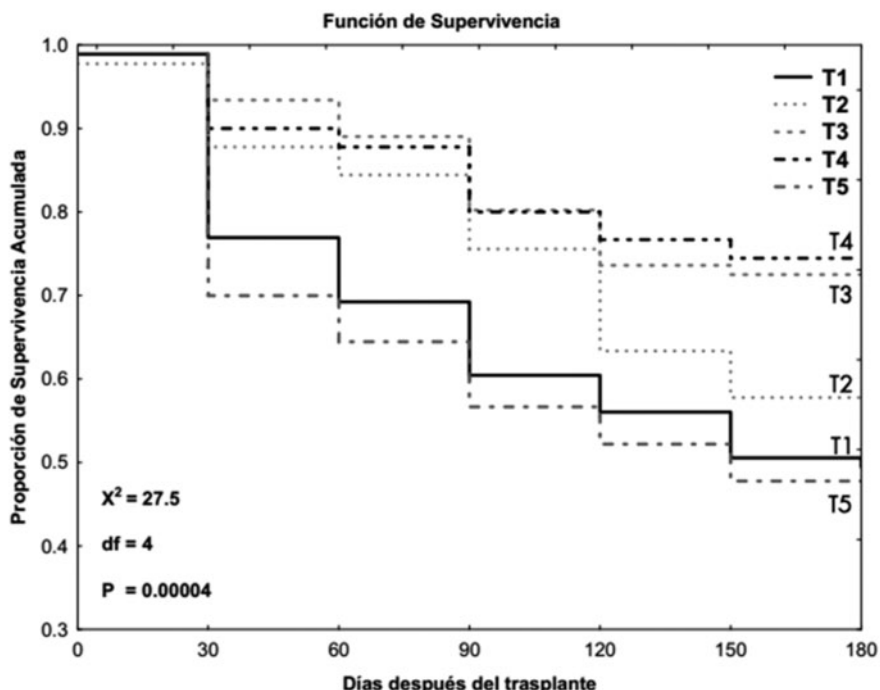


Figura 1. Curvas de supervivencia del estimador Kaplan-Meier para individuos de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. et Cham. con distintos tratamientos de espuma fenólica de célula abierta.

Figure 1. Survival curves from the Kaplan-Meier estimator for *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. et Cham. individuals with different treatments of cell phenolic foam.

de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake y *E. resinifera* Sm. de hasta 23 % y 22 %, respectivamente en condiciones de invernadero.

El análisis Log-Rank confirmó que las plantas con espuma de 462 y 616 cc presentaron una mayor supervivencia, con respecto a las del tratamiento de 231 y testigo. Las individuos con espuma fenólica de 308 cc solo registraron diferencias significativas con el testigo (P= 0.008); el cual tuvo la menor supervivencia en el experimento junto con las plantas con bloques de 231 cc, ya que en ambos grupos no se aprecian diferencias significativas (P=0.46) (Cuadro 3).

The Log Rank analysis confirmed that plants with 462 and 616 cc foam have a higher survival regarding the 231 treatment plants and control. Plants with 308 cc phenolic foam only have significant differences with the control (P = 0.008); which had the lowest survival in the experiment with plants in blocks of 231 cc, since in both groups no significant difference (P = 0.46) are appreciated (Table 3).



Cuadro 3. Matriz de resultados para el análisis Log-Rank.

Table 3. Results matrix for the Log-Rank analysis.

	T1	T2	T3	T4	T5
T1	-	0.057819	0.000790*	0.000807*	0.465162
T2	0.057819	-	0.142819	0.142994	0.008943*
T3	0.000790*	0.142819	-	0.997286	0.000049*
T4	0.000807*	0.142994	0.997286	-	0.000051*
T5	0.465162	0.008943	0.000049*	0.000051*	-

Resultados menores a 0.05 y con * representan diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Lower results than 0.05 and with an * mean that there are statistical significant differences between treatments.

Se observa que las plantas con espuma de 462 cc, 616 cc y las del testigo mantuvieron 100 % de supervivencia a los 30 días, lo que indica que el trasplante se realizó en la forma correcta. No obstante, en las plantas con espuma de 231 cc y 308 cc murieron 1.1 y 2.2 % respectivamente, lo que sugiere que los errores de plantación permanecieron al mínimo posible. Durante todo el experimento, el testigo fue el grupo con los valores más bajos, con un marcado descenso a los 60 días (30 % menos). Las plantas con espuma de 462 y 616 cc conservaron la tendencia más alta a lo largo de todo el experimento, con porcentajes de supervivencia muy similares; incluso compartieron el mismo número a los 120 días (80 %). Las individuos con espuma de 308 cc tuvieron un comportamiento similar a las plantas con la de 462 y 616 cc. Sin embargo, esta trayectoria cambió a los 150 días después del trasplante, en los que disminuyó drásticamente (64 %) en comparación con las plantas con espuma de 462 y 616 cc (>70 %) (Figura 2).

It is observed that the plants with 462 cc, 616 cc foam and control kept 100 % survival after 30 days, which means that the transplant was performed properly. However, in plants with 231 cc and 308 cc foam, 1.1 and 2.2 % died, respectively, which suggests that planting errors remained as low as possible. Throughout the experiment, control was the group that had the lowest survival, with a marked decrease at 60 days (30 % less). Plants with 462 and 616 cc foam kept the highest tendency and maintained it throughout the experiment, with very similar survival rates, and they even shared the same percent at 120 days (80 %). Plants with 308 cc foam shared a similar behavior to that of plants with 462 and 616 cc. However, this behavior changed at day 150 after the transplant, in which their survival decreased dramatically (64 %) compared to plants with 462 and 616 cc foams (> 70 %) (Figure 2).

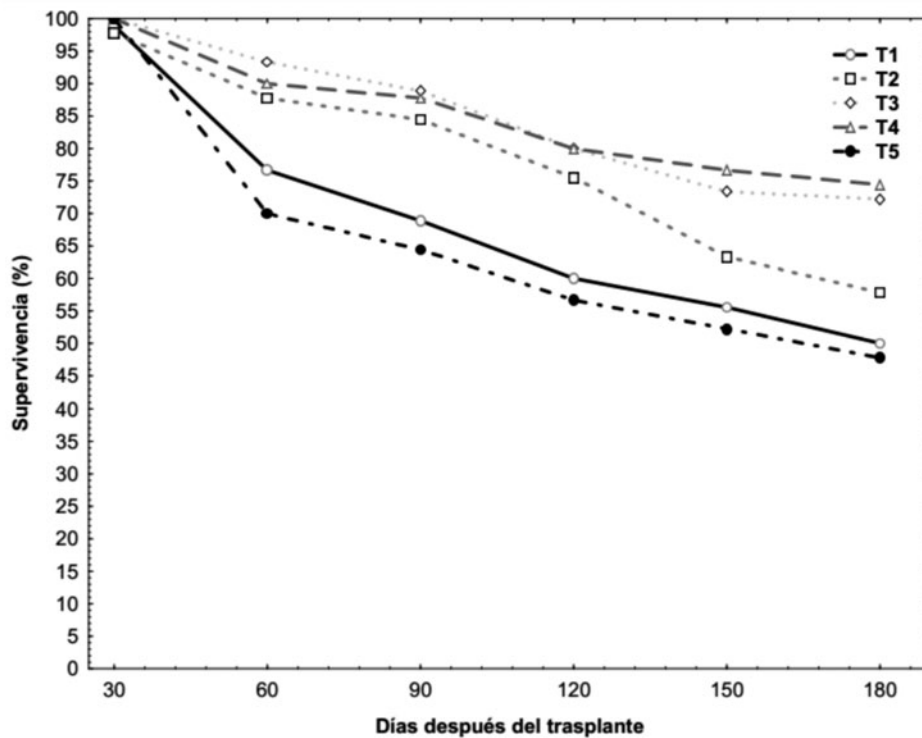


Figura 2. Supervivencia (%) de plantas de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. *et* Cham. a lo largo del tiempo, con la aplicación de bloques de diferente volumen de espuma fenólica en la cepa al momento de la plantación.

Figure 2. Survival (%) of plants of *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. *et* Cham. over time, with the application of blocks of different phenolic foam volume in strain at the time of planting.



Crecimiento en altura y diámetro

El análisis de covarianza para el crecimiento en altura evidenció diferencias significativas ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos, lo que no ocurrió para el diámetro (Cuadro 4). Las plantas con bloques de espuma fenólica de 462 cc fueron las que tuvieron mayor crecimiento (16.5 cm). Hubo una diferencia de 6.6 cm en relación al testigo, que representa 40 % más de crecimiento en un periodo de seis meses. Lo anterior indica que con la espuma fenólica, la planta dispone de humedad por un tiempo más prolongado, lo que favorece que realice sus funciones vitales y pueda desarrollar mayor tamaño. Aunque, Bezerra *et al.* (2010), Espinoza (2010) y Muller *et al.* (2012) señalan que la espuma fenólica en *Lactuca sativa* no tiene ningún efecto en este sentido, a pesar de que el ensayo se llevó a cabo en invernadero.

Height and diameter growth

The analysis of covariance for height growth showed significant differences ($P \leq 0.05$) between treatments, which did not happen to the diameter (Table 4). Plants with 462 cc phenolic foam blocks had the greatest growth (16.5 cm). There was a difference of 6.6 cm relative to the control, which represents 40 % more growth in six months. This indicates that with the phenolic foam, the plant has moisture for a longer time, which favors its vital functions and can achieve a larger size. However, Bezerra *et al.* (2010), Espinoza (2010) and Muller *et al.* (2012) indicate that the phenolic foam in *Lactuca sativa* has no effect in this sense, although the test was conducted in a greenhouse.



Cuadro 4. Resultados del análisis de covarianza para crecimiento en altura y diámetro con tratamientos de espuma fenólica en *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. et Cham.

Variable	Cuadrados medios				Pr>F
	Tratamiento (4) ^a	Bloques (2)	Covariable (1)	Error (434)	
Crecimiento en altura	739.51	1 718.03	16 556.54	66.49	0.000
Crecimiento en diámetro	13.99	5.87	7.77	9.19	0.194

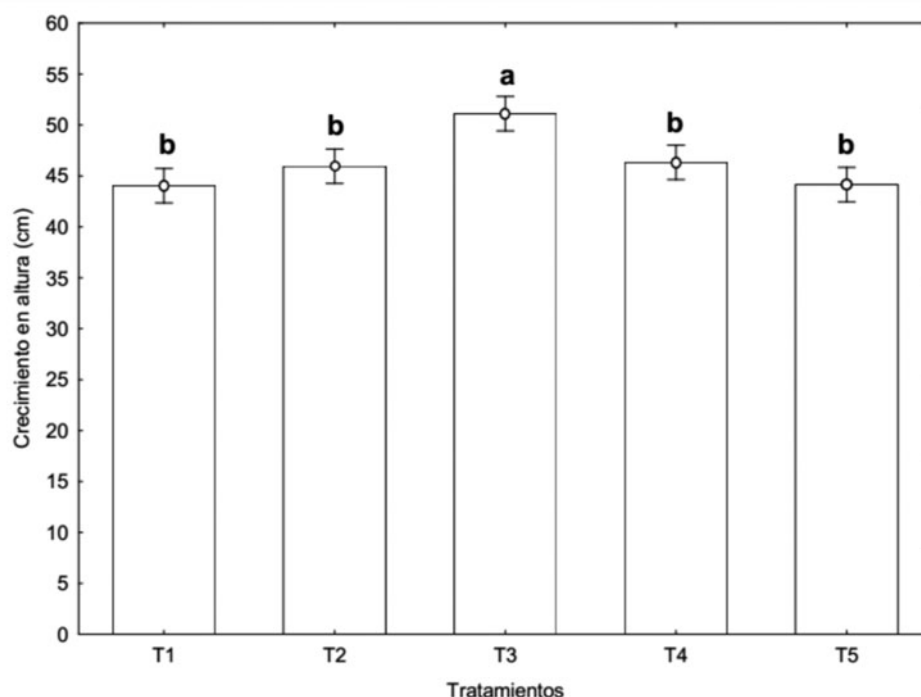
^aEn paréntesis se presentan los grados de libertad correspondientes a cada fuente de variación.

Table 4. Results of the analysis of covariance for growth in height and diameter of phenolic foam treatments in *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. et Cham.

Variable	Mean squares				Pr>F
	Treatment (4) ^a	Block (2)	Covariable (1)	Error (434)	
Growth in height	739.51	1 718.03	16 556.54	66.49	0.000
Growth in diameter	13.99	5.87	7.77	9.19	0.194

^aThe degrees of freedom for each variation source are in parenthesis.





*Barras con diferente letra son estadísticamente diferentes.

*Bars with different letters are statistically different.

Figura 3. Crecimiento en altura de plantas de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. et Cham. con distintos tratamientos de bloques de espuma fenólica después de seis meses de plantadas en campo.

Figure 3. Growth in height of *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltdl. et Cham. plants with different treatments of blocks of phenolic foam after six months planted in the field.

Conclusiones

Al agregar bloques de espuma fenólica hidratados de 462 y 616 cc al momento de la plantación de *Pinus leiophylla*, el porcentaje de supervivencia se incrementa significativamente hasta en 26 % más respecto a las plantas testigo después de 180 días de haber sido incorporados en campo. La espuma del primer tipo también afectó el crecimiento en altura hasta 6.6 cm en relación a las plantas testigo. Sin embargo, no se verificó lo anterior para el diámetro.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribución por autor

Abraham Palacios Romero: desarrollo experimental cálculos y análisis de resultados; Rodrigo Rodríguez Laguna: concepción y planteamiento de la investigación, gestión de los recursos para la investigación, redacción y revisión del manuscrito; Francisco Prieto García: análisis de resultados y redacción del manuscrito; Joel Meza Rangel: revisión del manuscrito; Ramón Razo Zárate: revisión del manuscrito; María de la Luz Hernández Flores: revisión del manuscrito.

Conclusions

When adding the 462 and 616 cc cell phenolic foam at the time of planting of *Pinus leiophylla* the survival percentage increases significantly up to 26 % more in regard to the control plants after 180 days of their incorporation in the field. The first type also increased significantly the growth in height up to 6.6 cm in regard to control. However, there are no significant differences in diameter increment.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests.

Contribution by autor

Abraham Palacios Romero: execution of the experiment, calculations and analysis of results; Rodrigo Rodríguez Laguna: original idea and statement of the research study, funding negotiations for the research, writing and review of the manuscript; Francisco Prieto García: data analysis and writing of the manuscript; Joel Meza Rangel: review of the manuscript; Ramón Razo Zárate: review of the manuscript; María de la Luz Hernández Flores: review of the manuscript.

End of the English version

Referencias

- Arriaga, L. y L. Gómez. 2004. Posibles efectos del cambio climático en algunos componentes de la biodiversidad de México. *In: Cambio climático: una visión desde México*. Instituto Nacional de Ecología. México, D. F., México. pp. 255-265.
- Barchuk, A. H. y M. P. Díaz. 2000. Vigor de crecimiento y supervivencia de plantaciones de *Aspidosperma quebracho-blanco* y de *Prosopis chilensis* en el Chaco árido. *Quebracho* 8: 17-29.
- Bezerra N., E., R. Santos, P. Pessoa, P. Andrade, S. Oliveira e I. Mendonça. 2010. Tratamiento de espuma fenólica para produção de mudas de alfalfa. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 5 (3): 418-422.
- Cayuela, L. 2006. Deforestación y fragmentación de bosques tropicales montanos en los Altos de Chiapas, México. Efectos sobre la diversidad de árboles. *Revista Ecosistemas* 15 (3): 192-198.
- Chávez S., E., R. Sousa G., J. Quintela F., S. Montiel R., J. J. Domínguez T., V. Richards E., A. Conde A., F. Chávez Á., L. Serrano P., A. G. Cuevas M., A. Rodríguez G., H. García M., J. P. Camarillo, J. Romo N., F. A. Damián García y Á. de J. Damián García. 2001. Ordenamiento ecológico territorial. Gobierno del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hgo., México. pp. 35-85.
- Cocozza T., M. A. y B. De Lucia. 1994. Influence of "oasis" substratum on phalaenopsis soilless culture. *Acta Horticulturae* 361: 464-469.
- Coelho M., F. B., J. C. de Souza F., R. A. B. de Azevedo, J. L. D. Dombroski e S. S. Maia. 2010. Substratos para a emergência de plântulas de *Magonia pubescens* A.St-Hil. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 5 (1): 80-84.
- Colegio de Postgraduados (Colpos). 2008. Reforestación. Evaluación externa ejercicio fiscal 2007. Montecillo, Edo. de Méx., México. 102 p.
- Comisión Nacional Forestal (Conafor). 2013. ¿Cómo plantar un árbol? Guía Práctica para reforestadores. México, D. F., México. pp. 2-3.
- Consejo Nacional de Evaluación de la Política de Desarrollo Social (Coneval). 2012. Informe de la evaluación específica del desempeño 2010-2011. Valoración de la información contenida en el sistema de evaluación de desempeño. México, D. F., México. 9 p.
- Debinski, D. M. and R. D. Holt. 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology* 14 (2): 342-355.
- Espinoza Z., D. A. 2010. Elaboración de espumas florales fenólicas que incorporan nutrientes, sustancias inhibidoras de etileno, preservantes y bactericidas para la conservación prolongada de plantas obtenidas in vitro en el laboratorio de cultivo de tejidos. Departamento de Ciencias de la Vida Ingeniería. Escuela Politécnica del Ejército. Sangolqui, Ecuador. 133 p.
- Gardziella, A., L. A. Pilato and A. Knop. 2000. Phenolic resins: chemistry, applications, standardization, safety and ecology. Springer Verlag. Bound Brook, NJ, USA. pp. 91-106.
- Kanninen, M., D. Murdiyarsa, F. Seymour, A. Angelsen, S. Wunder and L. German. 2007. Do trees grow on money? The implications of deforestation research policies to promote REDD. Center for International Forestry Research. Bogor, Indonesia. pp. 5-27.
- López, A. 2012. Deforestación en México: un análisis preliminar. Centro de Investigación y Docencia Económicas, A. C. México, D. F., México. Vol. 527. 46 p.
- Moreno F., L. 2009. Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana* 27 (2): 179-191.
- Muller da Silva, P. H., D. Kager, J. L. de Moraes Gonçalves e A. N. Gonçalves. 2012. Produção de mudas clonais de eucalipto em espuma fenólica: crescimento inicial e mortalidade. *CERNE* 18 (4): 639-649.
- Musálem, M. Á. y S. Martínez G. 2003. Monografía *Pinus leiophylla* Schl. et Cham. Conabio/INIFAP Campo Experimental del Valle de México. El Horno, Chapingo, Edo. de Méx., México. 85 p.
- Nelson, G. C., M. W. Rosegrant, J. Koo, R. Robertson, T. Sulser, T. Zhu, C. Ringler, S. Msangi, A. Palazzo, M. Batka, M. Magalhaes, R. Valmonte-Santos, M. Ewing y D. Lee 2009. Cambio climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación. Política Alimentaria. International Food Policy Research Institute. Washington, DC, USA 30 p.
- Pereira P., A. C. 2014. Utilización de imágenes digitales para medición del diámetro de frutos de mandarina (*Citrus reticulata*) en crecimiento. *Ciencia y Tecnología* 6 (1): 1-9.
- Pilato, L. A. 1979. Floral foam product and method of producing the same which incorporates a flower preservative and a bactericide. IPEXL. <http://patent.ipexl.com/US/04225679.html> (12 de noviembre de 2013).
- Santillán P., J. 1991. Silvicultura de las coníferas de la región central. Universidad Autónoma Chapingo. División de Ciencias Forestales. Chapingo, Edo. de Méx., México. pp. 91-121.
- Sigala R., J. Á., M. A. González T. y J. Jiménez P. 2015. Análisis de supervivencia para una reforestación con *Pinus pseudostrabus* Lindl. en el sur de Nuevo León. *Ciencia UANL* 18 (75): 61-66.
- Universidad Autónoma Chapingo. (UACH). 2010. Informe de evaluación externa de los apoyos de reforestación ejercicio fiscal 2009. Consejo Nacional Forestal. México, D. F., México. 140 p.
- Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL). 2009. Reforestación: evaluación externa del ejercicio fiscal 2008. -Resultados, aciertos y áreas de oportunidad. Consejo Nacional Forestal. México, D. F., México. 388 p.

