



Supervivencia y crecimiento de dos especies forestales, con base en la morfología inicial al plantarse

Survival and growth of two forest species based on the initial morphology after planting

José Ángel Prieto Ruíz¹, Adolfo Duarte Santos¹, José Rodolfo Goche
Télles¹, María Mónica González Orozco^{2*}, Miguel Ángel Pulgarín Gámiz¹

Abstract

Successful reforestations depend on several factors; seedling quality is one of them, since it is decisive for its establishment after planting. The objective of this study was to assess of two morphological conditions of the seedlings, based on the height and diameter, the survival and the initial growth of *Pinus cooperi* and *Pinus engelmannii*, planted in *Agua Zarca, Otinapa, Durango*. The seedling distribution was carried out under an experimental design of random blocks, with four repetitions per treatment. 13 months after planting, *Pinus engelmannii* only exhibited significant differences ($p < 0.05$) in survival and height, with the best results in the seedling with the high morphological condition; the differences between treatments in survival were of 50.0 %, while the difference in height was of 3.37 cm and 4.87mm in diameter. In *Pinus cooperi*, only the height variable showed significant differences ($p < 0.05$), with a separation between values of 6.7 cm, while the difference in survival was 2.5 %, with more than 90 % survival in both qualities, and the differences in diameter were less than 1.0 mm. In all cases, the seedlings with the highest morphological attributes obtained the highest values. Regarding the survival between species, without considering the morphological condition of the seedlings, the final differences were of 51.2 %, with the best percentages for *Pinus cooperi*, the species that best adapted to the conditions of the planting site.

Key words: Height, morphological attributes, diameter, *Pinus engelmannii* Carr., *Pinus cooperi* Blanco, reforestations.

Resumen

Las reforestaciones exitosas dependen de varios factores, la calidad de planta es uno de ellos, ya que es determinante para su establecimiento después de plantada. El objetivo del ensayo fue evaluar el efecto de dos condiciones morfológicas de planta, basadas en la altura, diámetro al cuello, la supervivencia y crecimiento inicial de *Pinus cooperi* y *Pinus engelmannii* en *Agua Zarca, Otinapa, Durango*. La planta se distribuyó bajo un diseño experimental de bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento. Después de 13 meses, en *Pinus engelmannii* solo se determinaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la supervivencia y la altura, con los mejores resultados en los individuos con la condición morfológica alta. Las diferencias en supervivencia, entre tratamientos, fueron de 50 %, mientras que en la altura de 3.37 cm y en el diámetro de 4.87 mm. En *Pinus cooperi*, únicamente, existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en la altura, con una separación entre valores de 6.7 cm, y en la supervivencia fue de 2.5 %, con más de 90 % de supervivencia en ambas calidades; en el diámetro, las diferencias fueron menores a 1.0 mm; en todos los casos, la planta con los atributos morfológicos más altos registró los valores mayores. Con relación a la supervivencia entre especies, sin considerar la condición morfológica de la planta, las diferencias finales fueron de 51.2 %, con los porcentajes más altos para *P. cooperi*, especie que mejor se adaptó a las condiciones del sitio de plantación.

Palabras clave: Altura, atributos morfológicos, diámetro, *Pinus engelmannii* Carr., *Pinus cooperi* Blanco, reforestaciones.

Fecha de recepción/Reception date: 14 de diciembre de 2017

Fecha de aceptación/Acceptance date: 30 de abril de 2018

¹Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. México.

²Programa Institucional de Doctorado en Ciencias Agropecuarias y Forestales, Universidad Juárez del Estado de Durango. México.

*Autor de correspondencia; correo-e: m_gonzalez@ujed.mx

Introducción

Un aspecto importante en los programas exitosos de plantaciones forestales, es la utilización de planta de calidad, con alta capacidad de supervivencia (Grossnickle, 2012); además, conforme las condiciones ambientales y edáficas son más restrictivas, se requiere que los individuos tengan mayor capacidad de respuesta (Villar, 2003). La utilización de planta de calidad favorece el éxito en las plantaciones bajo condiciones de cambio climático (Vallejo *et al.*, 2012). En México, una causa por la cual las reforestaciones han tenido altas tasas de mortalidad (57 % al año de plantado, en el período 2004-2015) es la mala calidad de la planta, la cual contribuye con 9.2 % de la mortalidad (Prieto *et al.*, 2016); otro factor importante son las deficiencias que ocurren durante el proceso de plantado (Burney *et al.*, 2015), lo que tiene consecuencias negativas más allá de las primeras fases del establecimiento (Villar, 2003).

La planta de calidad es aquella que, con los atributos morfológicos y fisiológicos con que se produce, se adapta en el sitio de plantación (Wilson y Jacobs, 2006; Landis *et al.*, 2010), bajo las condiciones ecológicas y edafológicas del lugar donde se establece (Ramírez-Contreras y Rodríguez-Trejo, 2004; Rodríguez, 2010; Bernaola-Paucar *et al.*, 2015), lo que repercute en altas tasas de supervivencia y crecimiento inicial (Orozco *et al.*, 2010); sin embargo, esta variable depende, también, del origen genético de la semilla, que tiene implicaciones en su adaptación (Landis *et al.*, 2010; Burney *et al.*, 2015).

Otros factores relevantes en el éxito de las plantaciones son la preparación del terreno, la fecha de plantación, la disponibilidad de humedad, las características específicas del sitio, así como el control de malezas (Navarro *et al.*, 2006; Bernaola-Paucar *et al.*, 2015; Palacios-Romero *et al.*, 2017).

La producción de planta con atributos morfológicos acordes a las características de los sitios de reforestación (altura, diámetro del cuello, relación parte área-raíz, índice de robustez) (Birchler, 1998; Ritchie *et al.*, 2010) requiere de un proceso técnico adecuado en lo que respecta a la siembra, medios de crecimiento, nutrición,

riego, prevención y control tanto de plagas, como de enfermedades, además del manejo del ambiente de producción, entre otros (Prieto-Ruiz *et al.*, 2007).

En vivero, aspectos como la fertilización, sustratos y contenedores, así como las condiciones específicas de los sitios donde se planta y la especie por plantar son temas que a la fecha han sido poco estudiados (Robles *et al.*, 2017).

Actualmente, se carece de un criterio único, basado en los aspectos morfológicos, que explique la variación en los resultados después de la plantación; pero el diámetro ha sido reconocido como un atributo inicial importante de las plantas en vivero, pues promueve la supervivencia (Tsakaldimi *et al.*, 2013) y tolerancia a condiciones climáticas y biológicas adversas en campo (Prieto *et al.*, 2011), ya que su capacidad puede atribuirse, en parte, a la relación entre el diámetro inicial, el volumen de la raíz y las raíces primarias (Jacobs *et al.*, 2009).

El presente estudio tuvo el objetivo de evaluar el efecto de la condición morfológica inicial de la planta, basado en la altura y en el diámetro al cuello, en la supervivencia y crecimiento inicial en *Pinus cooperi* Blanco y *Pinus engelmannii* Carr. plantados en Agua Zarca, Otinapa, Durango, México. La hipótesis fue que los atributos morfológicos son factores importantes en la adaptabilidad de las especies estudiadas en el sitio de plantación.

Materiales y Métodos

Características del área de estudio

El estudio se realizó en el predio particular Agua Zarca, ubicado a 5 km del poblado Otinapa, Durango, México, con coordenadas 24°03'20" LN y 105°00'41" LO, a una altitud de 2 350 m (Secope, 2003). El sitio se localiza en medio de un bosque de transición de zonas semiáridas a bosque de clima templado. La vegetación predominante está compuesta por *Pinus engelmannii*, *P. leiophylla* Schl. et Cham., *P. cooperi*, *P. teocote* Schiede ex Schltldl. y *Quercus* sp. El área específica se

caracteriza por ser un espacio abierto, libre de vegetación, con uso previo de pastoreo de ganado bovino. El terreno tiene exposición cenital.

La precipitación media anual es de 650 mm (Secope, 2003); la temperatura promedio de 14.6 °C, la mínima promedio de 6.1 °C y la máxima promedio de 21.1 °C; con una humedad relativa promedio de 59.1 %, información obtenida *in situ* con una estación climatológica portátil marca *Davis*[®]. El suelo es de textura franca (43 % arena, 38 % limo y 19 % de arcilla), con 7.3 de pH promedio y 2.63 % materia orgánica.

Producción de planta

El material vegetal se produjo en el vivero forestal Praxedis Guerrero, localizado a 12 km de la ciudad de Durango, Dgo. (23°56'57.1" LN y 104°34'07.6" LO), a 1 880 m de altitud (Inegi, 2017), administrado por la Secretaría de Recursos Naturales y Medio Ambiente del Gobierno del estado de Durango.

La planta creció en tubetes de plástico rígido desmontable, de forma cónica, con 5 cm de diámetro superior, 21 cm de largo y 165 mL de volumen; como sustrato se empleó una mezcla de corteza compostada de pino (50 %), *peat moss* (25 %), vermiculita (13 %) y agrolita (12 %). Durante la preparación del sustrato se adicionaron 5 kg m⁻³ del fertilizante de liberación controlada (8 a 9 meses) *Multicote*[®] 18N-6P₂O₅-12K₂O+2MgO+ micronutrientes. La semilla, de ambas especies, provino de rodales naturales, con precipitación anual de 800 a 900 mm, en altitudes de 2 200 a 2 500 m.



Preparación del terreno y plantado

El terreno se preparó con rastra *Savannah*, mediante la roturación del suelo con un subsolador que penetró 50 cm en el centro de la línea de plantado, con dos discos laterales acoplados a la rastra se formó un camellón central de 30 cm de altura y 1 m de ancho, lo cual favorece la retención de humedad. La separación entre líneas de plantado fue de 3 m, mientras que la distancia entre plantas, en la misma línea, fue de 1 m. La cepa se hizo con una pala forjada en acero al alto carbono, lo que permitió remover el terreno en 30 cm a lo ancho y a 40 cm de profundidad. Previo al plantado, en el fondo de cada cepa, sin importar el tratamiento, se pusieron 7 g del fertilizante de liberación controlada (8 a 9 meses) *Multicote*[®] 18N-6P₂O₅-12K₂O+2MgO+ micronutrientes. La plantación se hizo el 15 de julio de 2015.

Tratamientos evaluados y diseño experimental

Las especies evaluadas fueron *Pinus engelmannii* y *Pinus cooperi* de 11 meses de edad. Con base en el diámetro y la altura se consideraron dos condiciones morfológicas de la planta (Cuadro 1); estos criterios se basaron en la norma mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016 (Secretaría de Economía, 2016). La planta con mejores atributos morfológicos se denominó "condición morfológica alta", la cual es la recomendada para plantar, mientras que la de "condición morfológica baja" tenía características inferiores a las sugeridas en la citada norma. La distribución de la planta se hizo en un diseño experimental de bloques al azar. Cada tratamiento estuvo compuesto por cuatro repeticiones y la unidad experimental fue de 10 individuos.



Cuadro 1. Características morfológicas promedio, por calidad de planta, de las especies evaluadas.

Especie	Condición morfológica	Diámetro (mm)	Altura (cm)
<i>Pinus engelmannii</i>	Alta	6.5	No se consideró*
<i>Pinus engelmannii</i>	Baja	5.0	No se consideró*
<i>Pinus cooperi</i>	Alta	4.5	10-14
<i>Pinus cooperi</i>	Baja	3.0	15-25

*Debido a que tiene un estado cespitoso en las etapas iniciales de crecimiento, la NMX-AA-170-SCFI-2016 no considera este criterio.

Variables evaluadas

Durante el desarrollo del ensayo, mediante el uso de una estación climatológica portátil marca *Davis*[®], se registraron las temperaturas promedio máximas, medias y mínimas, así como la humedad relativa. Asimismo, de tres muestras de suelo, procedentes de los primeros 30 cm de profundidad, se determinó la textura, pH y contenido de materia orgánica; los análisis se realizaron en el Laboratorio del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria-Relación Agua Suelo Planta Atmósfera (Cenid RASPA), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Se hicieron tres evaluaciones: a los 1.5, 8 y 13 meses de plantado; las variables registradas fueron: a) supervivencia, con base en la planta viva y muerta por unidad experimental, b) altura, en centímetros, medida con una regla *Truper*[®] 14387, y c) diámetro a la base del cuello, en milímetros, registrada con un vernier digital *SURTEK*[®] 122204.

Análisis estadístico

Por fecha de evaluación, y para cada variable, se realizaron análisis de varianza; cuando existieron diferencias estadísticas significativas, se aplicó la prueba de medias (*Tukey*, 0.05). Para la variable supervivencia, los valores de porcentaje se transformaron con la función arco seno.

Resultados y Discusión

Supervivencia

La supervivencia en *Pinus engelmanni*, a los 1.5, 8 y 13 meses de plantado presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), debido a las condiciones morfológicas de los individuos, con diferencias en cada evaluación de 22.5, 32.5 y 50 % entre tratamientos. Los mejores resultados se obtuvieron en la planta con la condición morfológica inicial superior (Cuadro 2). En el caso de *Pinus cooperi*, la supervivencia, sin importar el diámetro y la altura al momento de la plantación, tuvo pocos cambios en las tres evaluaciones, ya que a los 1.5 y 8 meses la supervivencia fue total, mientras que a los 13 meses la diferencia entre tratamientos fue de 2.5 %, quedando en el mismo grupo estadístico ($p > 0.05$), con valores superiores a 90 % en ambos tratamientos (Cuadro 2).



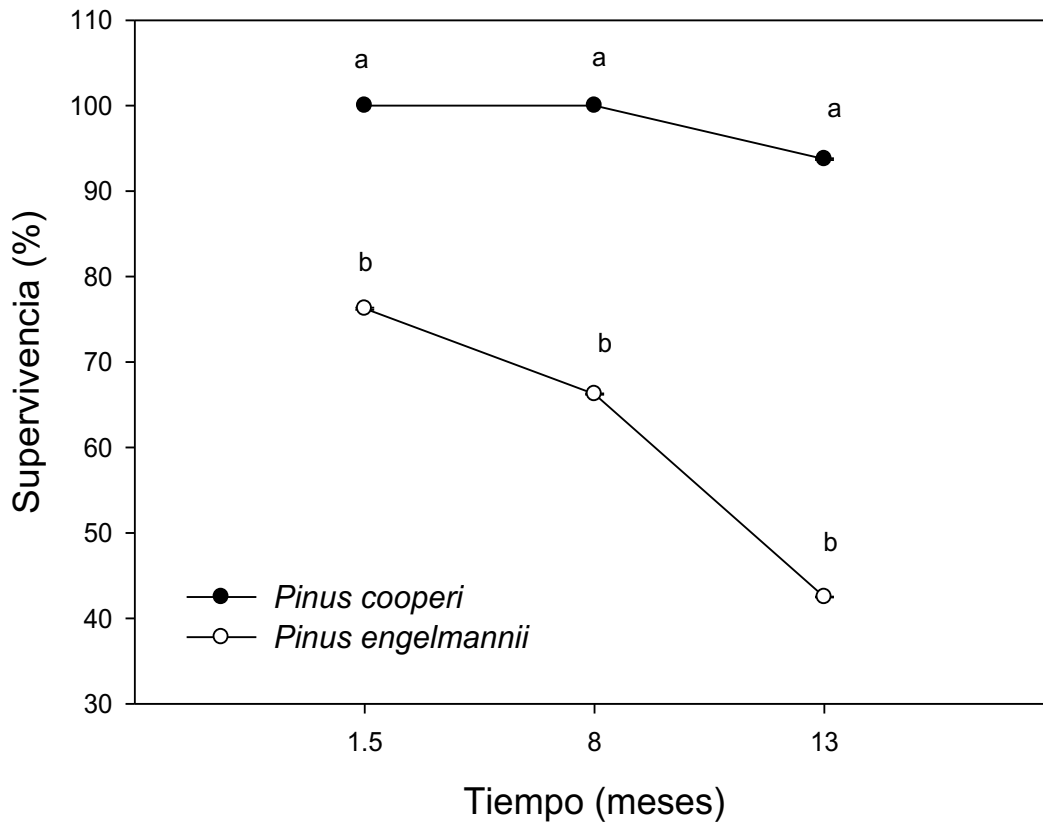
Cuadro 2. Supervivencia de *Pinus engelmannii* Carr. y *Pinus cooperi* Blanco, a los 1.5, 8 y 13 meses de plantado, en individuos con dos condiciones morfológicas, en Agua Zarca, Otinapa, Durango, México.

Especie	Condición morfológica	1.5 meses	8 meses	13 meses
<i>Pinus engelmannii</i>	Alta	87.5 ±0.14 a	82.5 ±0.06 a	67.5 ±0.05 a
	Baja	65.0 ±0.10 a	50.0 ±0.08 b	17.5 ±0.03 b
<i>Pinus cooperi</i>	Alta	100.0 ±0.0 a	100.0 ±0.0 a	95.0 ±0.09 a
	Baja	100.0 ±0.0 a	100.0 ± 0.0 a	92.5 ±0.11 a

Valores con letras distintas en la misma edad de la planta indican diferencias significativas, de acuerdo a *Tukey* ($p < 0.05$).

Con relación a la supervivencia entre especies, sin considerar la condición morfológica inicial de la planta, las diferencias fueron de 23.7, 33.7 y 51.2 % para las evaluaciones a los 1.5, 8 y 13 meses de plantado, con los mejores resultados en *Pinus cooperi*. En *Pinus engelmannii* disminuyó de manera notable desde la primera evaluación y se redujo a 42.5 % a los 13 meses de plantado; en cambio, *Pinus cooperi* presentó pocos cambios, con supervivencia total a los 1.5 y 8 meses y un decremento de solo 6.2 % a los 13 meses de plantado (Figura 1).





Valores con letras distintas en la misma edad de la planta indican la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$), según *Tukey*.

Figura 1. Supervivencia de *Pinus engelmannii* Carr. y *Pinus cooperi* Blanco, durante 13 meses en planta, con dos condiciones morfológicas, en Agua Zarca, Otinapa, Durango, México.

En *Pinus engelmannii* la supervivencia estuvo influida por sus características morfológicas iniciales, con 50 % de diferencia final entre tratamientos (67.5 % vs 17 %); según Landis *et al.* (2010) el diámetro del cuello tiene una correlación directamente proporcional con la supervivencia, aspecto que pudo afectar a la planta de condición morfológica baja, al tener diámetros de 5.0 mm, los cuales son menores a los sugeridos en la norma mexicana NMX-AA-170-SCFI-2016 (Secretaría de Economía, 2016), en la que se

recomienda para esta especie un diámetro ≥ 6.0 mm, aspecto que solo se cumplió en la planta con los mejores atributos morfológicos.

Benítez (2016) evaluó plantaciones de *Pinus engelmannii* en la localidad El Duranguense, Canatlán, Dgo, sitio cuyas condiciones edáficas y climáticas son semejantes y distante a 70 km del área de estudio; a los 13 meses de plantado obtuvo una supervivencia promedio de 65 %; es decir, similar a la planta de condición morfológica alta, pero inferior a la de condición morfológica baja. Tsakalimi et al. (2013) predijeron la supervivencia de *P. halepensis* Mill., con base en la morfología inicial, dichos autores la correlacionan positivamente con el diámetro inicial de las plántulas.

En *Pinus cooperi* la supervivencia fue superior a 90 % en ambas calidades de planta (95 % vs 92.5 %), lo que indica que la condición morfológica fue un factor con poca influencia en esta variable, y se adaptaron fácilmente a las condiciones de sitio. Prieto-Ruiz et al. (2007) plantaron individuos de *Pinus cooperi*, bajo dos condiciones de calidad y después de 12 meses la supervivencia fue de 85 %, 10 % menor a la observada en individuos de la condición morfológica baja de este estudio, lo que señala que la especie fue la apropiada para el sitio, al tener una respuesta alta en supervivencia; asimismo, se aprecia que el diámetro y la altura fueron poco sensible a la supervivencia.

Dado que las condiciones edáficas y climáticas, así como la preparación del terreno fueron las mismas para ambas especies, se considera que el factor adaptabilidad fue decisivo en los resultados, lo que hizo que las características específicas del sitio propiciaran diferencias significativas en la supervivencia entre especies. Aunque en los lugares aledaños existen los dos taxa, *Pinus cooperi* es más abundante y común en terrenos más bajos, condición prevaleciente en el sitio de estudio.

En *Pinus cooperi*, pese a que se tenían dos condiciones morfológicas iniciales de la planta, las características del sitio no afectaron la supervivencia de los individuos, lo cual puede deberse a que dicho taxón es común en sitios abiertos y en mesetas o valles (Farjon, 2013a), situación que existió en el área de la plantación, mientras que *Pinus engelmannii* habita, generalmente, en lomeríos, con pendientes ligeras y mezclado con otros taxa (Farjon, 2013b), donde la humedad relativa es mayor, el

drenaje es más fácil y las tasas de radiación son menores, lo que no prevaleció en el sitio bajo evaluación e influyó en los resultados entre especies.

En este caso, al provenir la semilla de ambos taxones, de sitios con mejor calidad, *P. engelmannii* resultó más sensible a una condición de sitio desfavorable, ya que como cita Alia (2006), la interacción genotipo ambiente y la plasticidad de las especies son factores que pueden incidir en la adaptabilidad de las plantas a un sitio determinado.

Altura de la parte aérea y diámetro del cuello

La altura de las plantas de *Pinus engelmannii* a los 1.5, 8 y 13 meses presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), con una diferencia final de 4.4 cm. Sin embargo, el incremento a los 13 meses, en cada tratamiento fue cercano a los 2 cm, lo cual evidenció que las diferencias iniciales se mantuvieron a través del tiempo. El poco crecimiento en altura, en los dos tratamientos, se debe a la condición de estado cespitoso de dicha especie durante sus primeras etapas de vida, caracterizado por tener poca elongación del epicotilo y abundante producción de acículas, así como un incremento significativo en diámetro (Ávila *et al.*, 2014; Rosales *et al.*, 2015), al igual que sucede con otros taxa como *Pinus montezumae* Lamb. (Calderón, 2006).

En las evaluaciones de *Pinus cooperi* existieron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos en la altura de las plantas. Después de 13 meses de plantados, los individuos de la condición morfológica alta incrementaron 7.6 cm su altura, mientras que en la planta de menor condición morfológica su aumento fue de 5.2 cm. En los dos casos, entre la segunda y última evaluación existió el mayor incremento en altura (Cuadro 3).



Cuadro 3. Crecimiento en altura del tallo y diámetro del cuello de *Pinus engelmannii* Carr. y *Pinus cooperi* Blanco, a los 1.5, 8 y 13 meses de plantado, en individuos de dos calidades morfológicas, en Agua Zarca, Otinapa, Durango, México.

Variable/Especie	Condición morfológica	1.5 meses	8 meses	13 meses
<i>Pinus engelmannii</i>				
Altura (cm)	Alta	12.4 ±0.66 a	14.5 ±0.56 a	14.5 ±0.67 a
	Baja	8.4 ±0.39 b	8.4 ±0.47 b	10.1 ±1.44 b
Diámetro (mm)	Alta	9.8 ±0.36 a	17.1 ±0.74 a	21.1 ±1.29 a
	Baja	6.8 ±0.37 b	10.2 ±0.65 b	16.2 ±1.31 a
<i>Pinus cooperi</i>				
Altura (cm)	Alta	14.3 ±0.62 a	14.1± 0.74 a	22.0 ±1.09 a
	baja	10.1 ±0.47 b	10.5 ±0.47 b	15.3 ±1.08 b
Diámetro (mm)	Alta	8.7 ±0.21 a	10.9 ±0.26 a	14.4 ±0.40 a
	Baja	6.9 ±0.20 b	9.6 ±0.31 b	13.5 ±0.56 b

Valores con letras distintas en la misma edad de la planta indican diferencias significativas, de acuerdo a *Tukey* ($p < 0.05$).

Respecto al diámetro al cuello, en *Pinus engelmannii* existieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre tratamientos a los 1.5 y 8 meses de plantado, mientras que a los 13 meses no se registraron diferencias significativas ($p > 0.05$) (Cuadro 3). En los individuos con la condición morfológica inicial alta, el incremento fue de 14.3 mm (6.5 a 21.1 mm), y en los de calidad baja fue de 11.2 mm (5.0 a 16.2 mm). En *P. cooperi* se estimaron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos en todas las evaluaciones. En la planta de condición morfológica alta se incrementó en 9.9 mm, al pasar de 4.5 a 14.4 mm; en tanto que en la de condición morfológica baja fue de 10.5 (3.0 a 13.5 mm) 6.7 mm (Cuadro 3).

Bayala *et al.* (2009) determinaron el rendimiento en campo de cinco especies arbóreas, mediante la evaluación de la calidad de las plántulas, y el diámetro fue una de las medidas de crecimiento con mejor desempeño en las fases de vivero y campo.

Sigala *et al.* (2015) citan que en *Pinus pseudostrobus* Lindl., las características del envase en vivero, referidos al tipo y tamaño, así como la exposición influyeron en la supervivencia después de su plantación lo que denota que el éxito de una reforestación depende de factores diversos, desde las condiciones de producción hasta las específicas de los sitios donde se plante, aunque el diámetro de los individuos es una de las variables más asociadas a la supervivencia de los individuos.

Conclusiones

Las mejores condiciones morfológicas iniciales en la planta de *Pinus engelmannii* estuvieron relacionadas positivamente con la supervivencia y crecimiento en altura en el campo.

La condición morfológica inicial de la planta de *Pinus cooperi* no influyó en la supervivencia de las plantas; en cambio, en la altura y diámetro sí tuvo efectos positivos en las plantas de mejor condición morfológica.

Pinus cooperi, con relación a *Pinus engelmannii*, se adaptó mejor a las condiciones del sitio donde se plantó, con una diferencia en supervivencia de 51.2 %.

Agradecimientos

A la Secretaría de Educación Pública, quien a través del Programa para Desarrollo Profesional Docente (Prodep), otorgó el financiamiento para esta publicación, derivada del proyecto: DSA/103/rs/7028 "Supervivencia y crecimiento de *Pinus* spp. en diferentes condiciones de plantación en zonas forestales del estado de Durango".

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Contribuciones de los autores

José Ángel Prieto Ruíz: concepción, diseño y establecimiento del experimento, toma de datos, redacción y edición del documento; Adolfo Duarte Santos: establecimiento del experimento, toma y captura de datos, y revisión de literatura; José Rodolfo Goche Télles: interpretación de resultados y revisión del documento; María Mónica González Orozco: establecimiento del experimento, análisis de la base de datos y revisión del documento final; Miguel Ángel Pulgarín Gámiz: revisión del documento.

Referencias

Alia, R. 2006. Características genéticas de los materiales de reproducción. Influencia sobre la calidad de planta. *In*: Cortina, J., J. L. Peñuelas, J. Puertolas, R. Savé y A. Vilagrosa (coords.). Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. pp: 47-66.

Ávila F., I. J., J. A. Prieto R., J. C. Hernández D., C. A. Whehenkel y J. J. Corral R. 2014. Preacondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr mediante déficit de riego en vivero. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 20 (3): 237-245.

Bayala, J., M. Dianda, J. Wilson, S. J. Quedraogo and K. Sanon. 2009. Predicting field performance of five irrigated tree species using seedling quality assessment in Burkina Faso, West Africa. *New Forest* 38: 309-322.

Benítez C., M. A. G. 2016. Supervivencia y crecimiento de plantaciones forestales comerciales en el conjunto predial "El Duranguense", Canatlán, Durango. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo., México. 82 p.

Bernaola-Paucar, R. M., E. Pimienta B., P. Gutiérrez G., V. M. Ordaz C. y G. A. Santiago. 2015. Efecto del volumen del contenedor en la calidad y supervivencia de *Pinus hartwegii* Lindl. en sistema doble transplante. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(28):174-187.

Birchler, T., R. W. Rose, A. Royo y M. Pardos. 1998. La planta ideal: Revisión del concepto, parámetros definatorios e implementación práctica. *Investigación Agroforestal. Sistema de Recursos Forestales* 7(1-2): 111-121.

Burney, O., A. Aldrete, R. Álvarez R., J. A. Prieto R., J. R. Sánchez V. and J. G. Mexal. 2015. México-Addressing challenges to reforestation. *Journal of Forestry* 113(4): 404-413.

Calderón P., N., J. Jasso M., J. de J. Martínez H., J de J.; J. Vargas H. y A. Gómez G. 2006. Estimulación temprana del crecimiento del epicotilo en plántulas de *Pinus montezumae*. *Ra Ximhai* 2(13): 847-864.

Farjon A. 2013a. *Pinus arizonica* var. *cooperi*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T20477533A20477541.en> (25 de marzo de 2018).

Farjon A. 2013b. *Pinus engelmannii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2013. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2013-1.RLTS.T42362A2975263.en> (25 de marzo de 2018).

Grossnickle, S. C. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. *New Forests* 43: 711–738.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (Inegi). 2017. Imágenes 2017 DigitalGlobe. Datos de mapa. Google maps. <https://www.google.com.mx/maps/place/23%C2%B056'57.1%22N+104%C2%B034'07.6%22W/@23.9492423,104.5694455,197m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x0:0x0!8m2!3d23.949187!4d-104.568767> (2 de marzo de 2018).

Jacobs, D. F., K. F. Salifu and A. S. Davis. 2009. Drought susceptibility and recovery of transplanted *Quercus rubra* seedlings in relation to root system morphology. *Annals of Forest Science* 66:1-12.

Landis, T. D., R. K. Dumroese and D. L. Haase. 2010. The container tree nursery manual. Vol. 7. Seedling processing, storage and outplanting. USDA Forest Service. *Agricultura Handbook* 674. Washington, DC, USA. 220 p.

Navarro, R. M., A. D. del Campo y J. Cortina. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de planta. *In*: Cortina, J., J. L. Peñuelas, J. Puertolas, R. Savé y A. Vilagrosa (coords.). *Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos.* Organismo Autónomo de Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, España. pp: 31-46.

Orozco G., G., H. J. Muñoz F., F. Villaseñor R., A. Rueda S., J. A. Sigala R. y J. A. Prieto R. 2010. Diagnóstico de calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. Campo Experimental Uruapan. INIFAP. Uruapan, Mich., México. Folleto técnico Núm. 1. 60 p.

Palacios-Romero, A., R. Rodríguez-Laguna, R. Razo-Zarate, J. Meza-Rangel, F. Prieto-García y M. de la L. Hernández-Flores. 2017. Espuma fenólica de célula abierta hidratada como medio para mitigar estrés hídrico en plántulas de *Pinus leiophylla*. *Madera y Bosques* 23(2):43-52.

Prieto R., J. A., J. L. García R., J. A. Sigala R., J. M. Mejía B. y A. Rueda S. 2011. Indicadores de calidad de planta en viveros forestales del estado de Durango. Capítulo IV. Indicadores de calidad de planta en viveros forestales de la sierra Madre Occidental. Campo experimental Valle del Guadiana- INIFAP. Durango, Dgo, México. Libro técnico Núm. 3. pp. 57-86.

Prieto R., J. A., A. Aldrete, J. C. Hernández D. y J. R. Goche T. 2016. Causas de mortalidad de las reforestaciones y propuestas de mejora. *In*: Prieto R., J. A. Y J. R. Goche T. (comps.). Las Reforestaciones en México. Problemas y alternativas de solución. Universidad Juárez del Estado de Durango. Editorial UJED. Durango, Dgo., México. pp. 55-66.

Prieto-Ruíz, J. A., P. A. Domínguez-Calleros, E. H. Cornejo-Oviedo y J. J. Nívar-Cháidez. 2007. Efecto del envase y del riego en vivero en el establecimiento de *Pinus cooperi* Blanco en dos condiciones de sitio. *Madera y Bosques* 13(1):79-97.

Ramírez-Contreras, A. y D. A. Rodríguez-Trejo. 2004. Efecto de la calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo*. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 10 (1): 5-11.

Ritchie, G. A., T. D. Landis, K. Dumroese y D. L. Haase. 2010. Evaluación de la calidad de planta. *In*: Landis, T. D., R.K. Dumroese y D.L. Haase (eds.). Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Vol. 7. Preparación de la planta, almacenamiento y plantación. Manual Agrícola 674. Departamento de agricultura de los Estados Unidos. Portland, OR, USA. pp. 23-90.

Robles V., F., D. A. Rodríguez T. y A. Villanueva M. 2017. Calidad de planta y supervivencia en reforestación de *Pinus montezumae* Lamb. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 8(42):55-72.

Rodríguez L., R. 2010. Manual de prácticas de viveros forestales. Colección de manuales de ingeniería forestal. Área Académica de Ingeniería Forestal. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hgo., México. 51 p.

Rosales M., S., J. Á. Prieto R., J. L. García R., R. E. Madrid A. y J. Á. Sigala R. 2015. Preacondicionamiento de *Pinus engelmannii* Carr. bajo diferentes condiciones ambientales en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(27): 64-71.

Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (Secope). 2003. Manifestación de impacto ambiental modalidad particular para el cambio de uso de suelo para el proyecto: pavimentación del camino "El Soldado-Otinapa" (Segunda etapa). Gobierno del Estado de Durango. Durango, Dgo., México. 162 p.

Secretaría de Economía. 2016. NMX-AA-170-SCFI-2016. Certificación de la operación de viveros forestales. Diario Oficial de la Federación. México, D.F., México. 194 p.

Sigala R., J. A., M. A. González T. y J. Á. Prieto R. 2015. Supervivencia en plantaciones de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en función del sistema de producción y preacondicionamiento en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6(30): 20-31.

Tsakalidimi, M., P. Ganastsas and D. F. Jacobs. 2013. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species base on initial seedling morphology. *New Forest* 44: 327-339.

Vallejo, V. R., A. Smanis, E. Chirino, D. Fuentes, A. Valdecantos and A. Vilagrosa A. 2012. Perspectives in dryland restoration: approaches for climate change adaptation. *New Forest* 43:561-579.

Villar S., P. 2003. Importancia de la calidad de planta en proyectos de regeneración. Centro Nacional de Mejora Forestal "El Semillero". Madrid, España. pp. 66-78.

Wilson, B. C. and D.F. Jacobs. 2006. Quality assessment of temperate zone deciduous hardwood seedlings. *New Forest* 31: 417-433.



Todos los textos publicados por la **Revista Mexicana de Ciencias Forestales**—sin excepción— se distribuyen amparados bajo la licencia *Creative Commons 4.0 Atribución-No Comercial (CC BY-NC 4.0 Internacional)*, que permite a terceros utilizar lo publicado siempre que mencionen la autoría del trabajo y a la primera publicación en esta revista.