

Análisis de supervivencia para una reforestación con *Pinus pseudostrobus* Lindl. en el sur de Nuevo León

JOSÉ ÁNGEL SIGALA RODRÍGUEZ*, MARCO AURELIO GONZÁLEZ TAGLE**, JAVIER JIMÉNEZ PÉREZ**

La reforestación es a menudo la fase de mayor riesgo y costo en el manejo forestal,¹ ya que el éxito de la plantación depende de diversos factores: las condiciones ambientales del sitio, el manejo de la planta en vivero, la morfología y la fisiología de la misma.² Por ello, antes de establecer una reforestación importa identificar los factores ambientales limitantes del sitio de plantación, de manera que la planta se cultive bajo el sistema de producción con los atributos necesarios para garantizar altas tasas de supervivencia en dicho sitio.³⁻⁴

En Nuevo León, la producción anual de especies arbóreas con fines de reforestación supera los 3 millones de plantas.⁵ En el sur del estado, *Pinus pseudostrobus* es la especie más socorrida en reforestaciones en áreas incendiadas o degradadas. Sin embargo, se han registrado bajas tasas de supervivencia, siendo la sequía la principal causa de mortalidad en las reforestaciones recién establecidas.⁶ En este sentido, es necesario determinar las características del sistema de producción y las prácticas de cultivo en vivero mediante las cuales se obtenga la calidad morfológica en la planta que le permita un desarrollo adecuado bajo condiciones de estrés en dicha región.

En los últimos años se ha recomendado el uso de sistemas de producción con contenedores de mayor volumen, debido a que las plántulas adquieren características morfológicas relacionadas con un mejor desempeño en campo.³ Asimismo, en regiones donde se presentan sequías extremas, el preacondicionamiento de las plántulas, mediante la restricción de humedad en el sustrato, se practica en viveros forestales para activar o acentuar los mecanismos de resistencia a situaciones de estrés.⁷ Esto reduce las tasas de crecimiento, propicia la aparición de la yema apical e incrementa la lignificación de tallo.⁸

Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron los siguientes: 1) determinar el efecto del sistema de producción y el preacondicionamiento en la supervivencia de

plántulas de *P. pseudostrobus*, y 2) determinar las variables morfológicas de mayor influencia en la supervivencia, a fin de fijar patrones de selección de plantas con una mejor respuesta en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Selección de la planta

En septiembre de 2011, se seleccionaron de manera aleatoria plantas de *Pinus pseudostrobus* cultivadas en tres sistemas de producción (tabla I). Los lotes de plantas se produjeron en el Vivero Forestal del Bosque Escuela de la Facultad de Ciencias Forestales (UANL), ubicado en el ejido Santa Rosa, municipio de Iturbide, Nuevo León, en las coordenadas 24° 42.37' N y 99° 51.69' O y altitud de 1609 msnm. En los tres casos, las plantas se cultivaron durante un año bajo condiciones de malla sombra y, para el sistema en bolsa de polietileno, éstas se dejaron a la intemperie en el segundo año. El sustrato lo integraron 57% turba de musgo y 43% tierra de monte, más 5 Kg/m³ de fertilizante de liberación controlada (Osmocote®); durante el periodo de producción se aplicaron riegos cada tres días de acuerdo a las rutinas convencionales del vivero.

Las plántulas seleccionadas se sometieron a preacondicionamiento durante 45 días mediante la modificación del régimen de riegos para inducir estrés hídrico; los niveles de pre-

Tabla I. Sistemas de producción en el Vivero Bosque Escuela (FCF-UANL) para el cultivo de *P. pseudostrobus*.

Sistema de producción	Vol. envase	Edad*
Charola de poliestireno 160 cavidades	60 cm ³	1+0
Bolsa de polietileno	630 cm ³	0+2
Charola de poliestireno – bolsa de polietileno	60-560 cm ³	1+1

*Edad en años, el primer carácter indica el tiempo después de la siembra directa y el segundo el tiempo después del trasplante a un segundo envase.

* INIFAP-Campo experimental Valle del Guadiana, Durango, Dgo.

** Universidad Autónoma de Nuevo León.

Contacto: marco.gonzaleztg@uanl.edu.mx

acondicionamiento fueron los siguientes: 1) bajo, un riego diario durante la mañana; 2) moderado, un riego a saturación cada nueve días, y 3) alto, un riego a saturación cada 15 días. Se hicieron bloques completos de acuerdo al nivel de precondicionamiento, y en cada bloque se distribuyeron al azar tres repeticiones de 16 plantas por cada sistema de producción.

Establecimiento de la plantación

En noviembre de 2011, las plantas se llevaron a plantación para evaluar su desempeño en campo. El experimento se ubicó en el municipio de Galeana, Nuevo León, bajo las coordenadas 24° 50.81' N y 100° 5.55' O y 1760 m de altitud. La región presenta una precipitación media anual de 428 mm y una temperatura media de 14°C, mínima promedio de 4.7°C y máxima promedio de 32.6°C. Durante 2012, se presentó una temperatura ambiente promedio de 13°C y una precipitación acumulada de 548.2 mm, siendo febrero y julio los meses con más cantidad de lluvia registrada (figura 1).

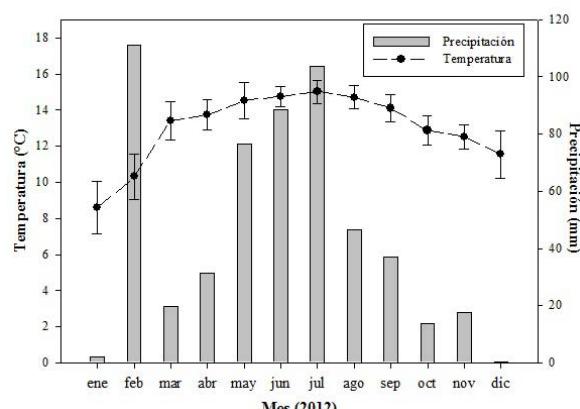


Fig. 1. Temperatura ambiente promedio y precipitación acumulada mensual en Galeana, N.L., durante 2012. Fuente: elaboración propia con datos de la Conagua .

Se eligieron dos sitios con condiciones edáficas y topográficas diferentes, separados a una distancia de 200 m (tabla II). En cada sitio se establecieron 24 plantas por tratamiento, divididas en tres repeticiones y plantadas a 1 m de separación, en total se tuvieron 432 individuos en todo el experimento. El diseño experimental se realizó en parcelas subdivididas, las parcelas grandes fueron los sitios; las medianas, el sistema de producción; y las parcelas chicas, el nivel de precondicionamiento.

Tabla II. Características de los sitios en donde se estableció la plantación.

Característica	Sitio 1	Sitio 2
Pendiente (%)	10	55
Exposición	NE	SO
Prof. promedio (cm)	22.5	28.5
pH	7.8	7.8
CE ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	132.3	109.9
DAP (g/cm^3)	0.791	0.817
Materia orgánica (%)	7.66	4.21
Textura	Franco arcillo limosa	Franco arcillo limosa

CE=Conductividad eléctrica; DAP=Densidad aparente.

Variables analizadas

Después de establecer la plantación se evaluó la supervivencia en campo cada mes durante los primeros nueve meses y luego a los 14 meses; en cada evaluación se asignó un valor de 0 a aquellas plantas que presentaban mortalidad visible en todas las acículas, y un valor de 1 a las plantas que tuvieran al menos un brote vivo. Al establecer la plantación en campo, se midió la condición inicial del diámetro al cuello de la raíz (D; mm), altura del tallo (H; cm), peso seco de la parte aérea (PSA; g) y peso seco de la raíz (PSR; g) de cada plántula, y se calcularon las relaciones PSA/PSR y altura/diámetro (H/D); el PSA y PSR se obtuvieron de un muestreo destructivo de 12 plantas por tratamiento realizado después del precondicionamiento.

Análisis estadístico

Las diferencias de supervivencia entre los tratamientos se evaluaron por la prueba Log-Rank, a partir de curvas de supervivencia construidas por el método Kaplan-Meier; para ello la función de supervivencia se define como:

$$S(t) = P(T \geq t) \quad (1)$$

donde: $S(t)$ es la probabilidad de que una muerte ocurra en un tiempo T al menos, tan grande como el tiempo t .⁹

El análisis de supervivencia se realizó con el procedimiento LIFETEST de SAS ver. 9.2 (2009).¹⁰ Asimismo, los efectos de las covariables (D, H, PSA, PSR, H/D y PSA/PSR) en la función de supervivencia se evaluaron mediante la prueba Log-Rank, para lo cual se usó el comando TEST disponible en PROC LIFETEST de SAS.¹¹

RESULTADOS

Supervivencia

A 14 meses (440 días) después de establecer la plantación, se obtuvo una supervivencia general de 52.9%, y se observó una mayor mortalidad durante los primeros 97 días (31.2%). Se encontró una mayor supervivencia en el sitio 2 (60.2%) con diferencias significativas ($\chi^2=6.03$, $p=0.014$) sobre el sitio 1, en el que se presentó una supervivencia de 45.4%. La prueba Log-Rank mostró diferencias altamente significativas entre los tres sistemas de producción evaluados, tanto en el sitio 1 ($\chi^2=129.5$, $p<0.0001$) como en el sitio 2 ($\chi^2=154.70$, $p<0.0001$), con una mayor supervivencia en las plantas en el sistema 1+1 (sitio 1=66.7%; sitio 2=90.3%), seguidas de aquéllas que fueron sembradas en bolsa de polietileno (0+2) (sitio 1=63.8%; sitio 2=79.2%) y con menor supervivencia aquéllas que se cultivaron en charola de poliestireno (1+0) (sitio 1=6.9%; sitio 2=11.1%); no obstante, entre los sistemas 1+1 y 0+2 no hubo diferencias significativas (figura 1).

Por otra parte, no se encontraron diferencias significativas entre los niveles de preacondicionamiento, tanto en el sitio 1 ($\chi^2=4.16$, $p=0.128$) como en el sitio 2 ($\chi^2=0.23$, $p=0.893$); sin embargo, al analizar la combinación del sistema de producción con los tres niveles de preacondicionamiento, se encontró una mayor supervivencia en las plántulas producidas en el sistema 0+2 con un nivel de preacondicionamiento alto en ambos sitios (sitio 1=83.3%; sitio 2=91.7%); aunque en el sitio 2 este tratamiento no fue estadísticamente diferente a los otros niveles de preacondicionamiento, incluso presentó la misma supervivencia que el sistema de producción 1+1 con nivel moderado y alto; en cambio, en el sitio 1, la supervivencia de las plantas cultivadas bajo el sistema 0+2 fue estadísticamente diferente entre el nivel de preacondicionamiento alto y moderado ($\chi^2=5.92$, $p=0.015$). En el sistema de producción en charola 1+0, el preacondicionamiento no presentó efecto significativo (figura 2).

Influencia de las variables morfológicas

La prueba Log-Rank se realizó para evaluar los efectos de las covariables en las funciones de supervivencia por tratamiento durante el tiempo de evaluación. Los resultados del análisis muestran que el diámetro al cuello de la raíz fue la variable con mayor influencia en las funciones de supervivencia de la mayoría de los tratamientos, principalmente en el sistema de producción 1+1. Asimismo, en este sistema de producción las

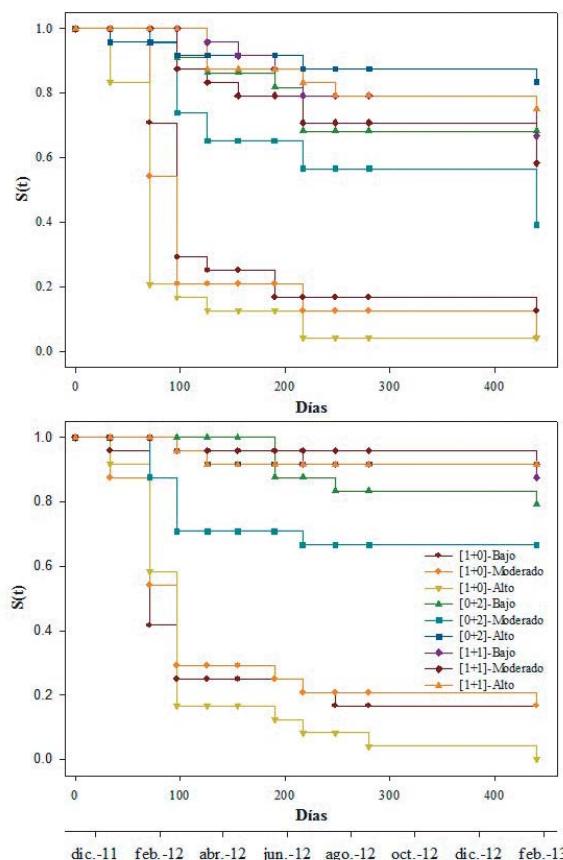


Fig. 2. Función de supervivencia estimada [S(t)] para los diferentes tratamientos evaluados en la reforestación con *P. pseudostrobus*, en dos sitios de plantación. Sistema de producción: [1+0]= siembra en charola, [0+2] = siembra en bolsa, [1+1]= siembra en charola y trasplante a bolsa; preacondicionamiento: bajo, moderado y alto.

variables de biomasa tuvieron un efecto significativo, excepto en las plántulas con un nivel de preacondicionamiento alto. Por otra parte, la relación H/D presentó un efecto significativo para el sistema de producción 0+2, con niveles de preacondicionamiento bajo y moderado; igualmente, la relación PSA/PSR fue significativa para las plántulas con un nivel alto. En las plantas cultivadas en charola de poliestireno (1+0), con preacondicionamiento bajo y alto, ninguna variable morfológica influyó significativamente en la función de supervivencia (tabla III).

DISCUSIÓN

Las plantas de *Pinus pseudostrobus* cultivadas en bolsa de polietileno (0+2 y 1+1) presentaron mayor supervivencia comparadas con aquéllas que se produjeron en charola de poliestireno; resultados similares se han encontrado para esta mis-

ma especie en el estado de Nuevo León.^{12,13} La respuesta favorable del sistema convencional en bolsa puede explicarse debido a que los envases de mayor volumen proveen mejores características del sistema radicular, como el volumen y conductancia hidráulica que le permiten aprovechar mejor la humedad en el suelo;¹⁴ mayormente en regiones con escasa precipitación pluvial y condiciones edáficas pobres como las que presenta el área de estudio.

El preacondicionamiento en vivero mediante la modificación de ciclos de riego no presentó efecto significativo en la supervivencia de *Pinus pseudostrobus* durante los 14 meses después de establecer la plantación, aunque se observaron tendencias diferentes para cada sistema de producción; por ejemplo, las plántulas cultivadas en charola (1+0) y sometidas a un estrés hídrico elevado presentaron menor supervivencia; en cambio, este mismo nivel de preacondicionamiento aplicado al sistema de producción en bolsa (0+2 y 1+1) presentó mejores resultados, principalmente en el sitio 1. Esto se debe a que las plántulas cultivadas en contenedores pequeños tuvieron un limitado desarrollo de raíz, lo que las hace más vulnerables a estrés hídrico y a que disminuya la conductancia estomática, y aumenta el riesgo de morir durante el primer periodo de sequía.¹⁵ Además, las plantas sembradas en charola presentaban menor edad, por lo que este puede ser otro factor que influyó en la elevada mortalidad registrada en dicho sistema de producción.

Durante el ensayo, se observó una mayor mortalidad en los meses más secos (diciembre y enero), después de establecida la plantación; sin embargo, las tasas de mortalidad mensual se estabilizaron después de iniciados los eventos de lluvia en el mes de febrero, principalmente en aquellos tratamientos de preacondicionamiento moderado y alto en plantas de dos años de edad. Algunos autores mencionan que el estrés

hídrico presenta un efecto negativo en los procesos fisiológicos como la alteración del estatus de carbohidratos y asimilación de CO₂, lo que influye en un mayor estrés de trasplante.¹⁶⁻¹⁷ De esta manera, la aplicación controlada de estrés hídrico puede influir en variables relacionadas con mecanismos de evitación a la sequía, como el cierre de estomas o disminución de la conductancia estomática, pero no influye en los mecanismos de tolerancia a la sequía como el ajuste osmótico o cambios en las propiedades de las membranas celulares.^{7,18}

Por otra parte, a la supervivencia en determinado sitio también afectan las propiedades físico-químicas del suelo: humedad, temperatura, pH, conductividad eléctrica y contenido de nutrientes,¹⁹ aunado al método utilizado para establecer la planta en el sitio definitivo.²⁰ En este estudio, los sitios de plantación presentan propiedades del suelo similares, no obstante el análisis estadístico muestra un efecto significativo del sitio en la supervivencia de *P. pseudostrobus*, con mejores tasas en el sitio 2, de exposición SO y pendiente fuerte (figura 3). De esta manera, las diferencias entre sitios de plantación pudieron ser el resultado de las diferencias en las condiciones topográficas, debido a que a la exposición cenital la afecta una mayor insolación y con ello sufre mayor pérdida de humedad en el suelo.^{21,20}

Se encontró que el diámetro al cuello de la raíz es la característica morfológica más relacionada con la supervivencia de las plántulas de *P. pseudostrobus*, tal como se ha demostrado en estudios recientes con diferentes especies del género *Pinus*,²²⁻²⁵ ya que el diámetro se relaciona directamente con las reservas de carbohidratos no estructurales,¹⁶ y con el desarrollo de las raíces.²⁶ Por ello, las plántulas con los menores diámetros, pueden tener un pobre desempeño en campo, comparadas con aquéllas de mayor diámetro y con adecuado manejo durante la plantación.²⁶

Tabla III. Prueba Log-Rank para el efecto de las variables morfológicas (covariables) en las funciones de supervivencia de cada tratamiento (valores de Pr>Chi²).

Variable	Siembra en charola [1+0]*			Siembra en bolsa [0+2]			Traslante a bolsa [1+1]		
	Bajo**	Moderado	Alto	Bajo	Moderado	Alto	Bajo	Moderado	Alto
Diámetro (D)	ns	0.042	ns	0.021	ns	0.010	0.001	0.015	ns
Altura (H)	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	ns	ns	ns
Peso seco aéreo (PSA)	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	0.002	ns	ns
Peso seco de raíz (PSR)	ns	ns	ns	Ns	ns	ns	0.004	0.017	ns
Relación PSA/PSR	ns	ns	ns	0.042	ns	ns	ns	ns	ns
Relación H/D	ns	ns	ns	0.036	0.008	ns	ns	ns	ns

*Sistema de producción; **Nivel de preacondicionamiento. ns= efecto no significativo ($\alpha < 0.05$).

CONCLUSIONES

El sistema de producción en vivero influyó en la supervivencia de *Pinus pseudostrobus* durante los primeros meses después de plantado. El efecto del preacondicionamiento de la planta sobre la supervivencia dependió del sistema de producción.

El diámetro al cuello de la raíz en las plántulas de *Pinus pseudostrobus* se relaciona directamente con su supervivencia. Por ello, en la producción de planta en vivero se debe elegir el sistema de producción que provea mayor robustez y un mayor volumen radicular, para asegurar un éxito de las reforestaciones en el área de estudio.

RESUMEN

Se estableció una reforestación con *Pinus pseudostrobus*, cultivado bajo tres sistemas de producción en vivero. Previo a la plantación, las plántulas se sometieron a tres niveles de preacondicionamiento mediante la restricción de riegos. En campo, se eligieron dos sitios diferentes y se evaluó la supervivencia durante 14 meses. Los resultados muestran diferencias significativas entre los sistemas de producción y en los niveles de preacondicionamiento, dependiendo del sistema de producción; además, se encontró efecto significativo del sitio de plantación. El diámetro de las plántulas influyó significativamente en el desempeño de algunos tratamientos.

Palabras clave: Reforestación, Análisis de supervivencia, *Pinus pseudostrobus*.

ABSTRACT

A reforestation was established with *Pinus pseudostrobus*, which was grown under three stock-types in nursery. Before planting, seedlings were preconditioned by restricting watering. In the field, two different site conditions were selected and survival was evaluated during the first 14 months. Results showed significant differences between stock-types and between preconditioning levels depending on each stock-type; also a significant effect of site conditions was found. Root collar diameter had a significant influence on performance of some treatments.

Keywords: Reforestation, Survival analysis, *Pinus pseudostrobus*.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, por las facilidades prestadas en la realización de este estudio.

Referencias

1. Belli, K.L. and Ek, A.R. 1988. Growth and survival modeling for planted conifer in the Great Lakes Region. *Forest Science* 34(2):458-473
2. South, D.B. 2000. Planting morphologically improved pine seedlings to increase survival and growth. *Forestry and Wildlife Research Series N° 1*. Alabama Agricultural Experiment Station. Auburn University, Alabama. 14 p.
3. Landis, T.D.; R.K. Dumroese and D.L. Haase. 2010. The container tree nursery manual. Volume 7. Seedling processing, storage, and outplanting. *Agric. Handbook 674*. Department of Agriculture. Forest Service. Washington, DC., U.S. 200 p.
4. Navarro, R.M.; A. del Campo y J. Cortina. 2006. Factores que afectan al éxito de una repoblación y su relación con la calidad de la planta. En: Cortina, J.; J.L. Peñuelas; J. Puertolas, R. Savé y A. Vilagrosa (eds.). Calidad de planta forestal para la restauración en ambientes mediterráneos. Estado actual de conocimientos. Ministerio de Medioambiente. España. pp. 31-46.
5. INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía). 2012. Estadísticas a propósito del día mundial forestal. Disponible en: www.inegi.org.mx/inegi/contenidos/_espanol/.../2012/forestal0.doc. Fecha de consulta: 10/08/2012.
6. CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2011. Indicadores de gestión de desempeño del programa PROCOREF durante el ejercicio fiscal 2010. Universidad Autónoma Chapingo (UACH). En línea. Disponible en: <http://www.cnf.gob.mx:8080/snif/portal/evaluaciones/documentos-y-alcances-de-las-evaluaciones>. Fecha de consulta: 23 de enero de 2013.
7. Villar, S.P.; J.L. Peñuelas R. e I. Carrasco M. 2000. Influencia del endurecimiento por estrés hídrico y la fertilización en algunos parámetros funcionales relacionados con la calidad de la planta de *Pinus pinea*. Actas del 1er Simposio sobre el pino piñonero. Valladolid. Volumen 1: 211-218.
8. Prieto R., J.A.; P.A. Domínguez C.; E.H. Cornejo O. y J.J. Návar Ch. 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.
9. Kaplan, E.L. and P. Meier. 1958. Nonparametric estimation from incomplete observations. *Journal of the American Statistical Association*. 53(282):457-481.
10. SAS (Statistical Analysis System) Institute Inc. 2009. SAS Ver. 9.2. SAS Inc., Cary, NC.
11. Williams, C.S. 2008 Surviving Survival Analysis. An Applied Introduction. In: SESUG 2008: The Proceedings of the South East SAS Users Group, St Pete Beach, FL. On line: <http://analytics.ncsu.edu/sesug/2008/ST-147.pdf>.
12. Marroquín F., R.A.; J. Jiménez P.; F. Garza O.; O. Aguirre C.; E. Estrada C. y R. Bourguet D. 2006. Pruebas de regeneración artificial de *Pinus pseudostrobus* en localidades degradadas por incendios. *Revista Ciencia UANL* 6(3):298-303.
13. Castillo M., C. 2001. Influencia de la calidad de *Pinus pseudostrobus* en supervivencia y crecimiento de un ensayo de reforestación en Iturbide, N.L. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Forestales-UANL. 56 p.
14. Chirino, E.; A. Vilagrosa; J. Cortina; A. Valdecantos; D. Fuentes; R. Trubat; V.C. Luis; J. Puertolas; S. Bautista; M.J. Baeza; J.L. Peñuelas and V.R. Vallejo. 2009. Ecological restoration in

- degraded drylands: the need to improve the seedling quality and site conditions in the field. In: Grossberg S. P. (Ed). Forest Management. Nova Science Publishers, Inc.
15. González R., V.R.M. Navarro C. and R. Villar. 2011. Artificial regeneration with *Quercus ilex* L. and *Quercus suber* L. by direct seeding and planting in southern Spain. Annals of Forest Science 68:637–646.
 16. Guehl, J.M.; A. Clement and P. Kaushal and G. Aussénac. 1993. Planting stress, water status and non-structural carbohydrate concentrations in Corsican pine seedlings. Tree Physiology 12: 173–183.
 17. Ortega D., M.L.; V.A. González H.; V. M. Cetina A.; A. Villegas M. y J. Vargas H. 2002. Supervivencia y crecimiento en campo de *Pinus greggii* Engelm. previamente sometido a podas o sequía en vivero. Agrociencia. 36(2):233–241.
 18. Valladares F., A. Vilagrosa, J. Peñuelas, R. Ogaya, J.J. Camareño, L. Corcuera, S. Sisó y E. Gil-Pelegrín. 2004. Estrés hídrico: ecofisiología y escalas de la sequía. En: Valladares, F. (ed.). Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. Pp.: 163-190.
 19. Omary, A.A. 2011. Effects of aspect and slope position on growth and nutritional status of planted Aleppo pine (*Pinus halepensis* Mill.) in a degraded land semi-arid areas of Jordan. New Forests 42:285–300.
 20. Ortega, U.; J. Majada; A. Mena P.; J. Sanchez Z.; N. Rodríguez I.; K. Txarterina; J. Azpitarte and M. Duñabeitia. 2006. Field performance of *Pinus radiata* D. Don produced in nursery with different types of containers. New Forests 31:97–112.
 21. Chen H., Y.H. and K. Klinka. 1998. Survival, growth, and allometry of planted *Larix occidentalis* seedlings in relation to light availability. Forest Ecology and Management 106:169–179.
 22. Grossnickle, S.C. 2012. Why seedlings survive: influence of plant attributes. New Forests 43:711–738.
 23. Kabrick, J.M.; D.C. Dey; S.R. Shifley and J.L. Villwock. 2011. Early survival and growth of planted shortleaf pine seedlings as a function of initial size and overstory stocking. In: Fei, S. et al. (eds.) Proceedings, 17th Central Hardwood Forest Conference; 2010 April 5-7; Lexington, KY. NRS-GTR-P-78. Newtown Square, PA: USDA Forest Service, Northern Research Station: 277-286. On line: <http://nrs.fs.fed.us/pubs/38062>.
 24. South, D.B.; S.W. Harris; J.P. Barnett; M.J. Hains and D.H. Gjerstad. 2005. Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, USA. Forest Ecology and Management 204(2):385–398.
 25. Tsakaldimi, M.; P. Ganatsas and D.F. Jacobs. 2013. Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. New Forests 44:327–339.
 26. Mason, E.G. 2001. A model of the juvenile growth and survival of *Pinus radiata* D. Don. Adding the effects of initial seedling diameter and plant handling. New Forests 22: 133–158.

*Recibido: 19/06/13**Aceptado: 24/10/14*