

# FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN DE PLANTA DE *Pinus cooperi* BLANCO EN VIVERO

J. Á. Prieto-Ruíz<sup>1</sup>; P. A. Domínguez-Calleros<sup>2</sup>; J. de J. Návar-Chaidez<sup>3</sup>; E. H. Cornejo-Oviedo<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Campo Experimental Valle del Guadiana. INIFAP. Km 4.5. Carr. Durango-El Mezquital, Durango, Durango.  
Programa Doctoral. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Correo-e: jprietoviv@yahoo.com

<sup>2</sup>Instituto de Ecología, A. C. Unidad Durango. Durango, Durango.

<sup>3</sup>Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, Nuevo León.

<sup>4</sup>Departamento Forestal. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. Correo-e: cor61@prodigy.net.mx

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar el efecto de tres factores en el crecimiento y supervivencia de *Pinus cooperi* Blanco en vivero, se realizó un experimento en el Campo Experimental Valle del Guadiana-INIFAP, Durango, Dgo., México. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar con un arreglo en parcelas subdivididas y consistieron en: a) dos tamaños de envase: 80 y 170 cm<sup>3</sup> de volumen, b) tres rutinas de fertilización, con diferentes proporciones de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), con dosis que variaron en las tres fases de crecimiento de las plantas y c) tres frecuencias de riego aplicadas cada 48, 96 y 168 horas durante la fase de precondicionamiento. A los ocho meses de edad se encontró que la planta producida en el envase de 170 cm<sup>3</sup> fue estadísticamente superior en las variables altura, diámetro y producción de fitomasa. En cambio, las rutinas de fertilización no tuvieron efectos significativos en las variables estudiadas. El riego cada 48 horas en la fase de precondicionamiento también influyó significativamente en las variables medidas. La supervivencia no mostró diferencias significativas a las fuentes de variación estudiadas.

**PALABRAS CLAVE:** *Pinus cooperi*, tamaños de envase, fertilización, riego, planta objetivo.

## INFLUENCE OF SOME FACTORS ON THE SEEDLING PRODUCTION OF *Pinus cooperi* BLANCO UNDER NURSERY CONDITIONS

### SUMMARY

In order to evaluate the effect of three factors on the survival and growth of *Pinus cooperi* Blanco seedlings, a study was conducted in the nursery of the Experimental Research Station "Valle del Guadiana-INIFAP", Durango, Dgo., Mexico. Treatments were distributed according to split-split plot experimental design. The variables evaluated were: a) two container sizes: 80 y 170 cm<sup>3</sup> of total volume, b) three fertilization routines with different nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) doses, according to the three seedling growth phases, and c) three irrigation frequencies: every 48, 96 and 168 hours in the hardening phase. After eight months of seedling growth, it was found that containers with a volume of 170 cm<sup>3</sup> had a significant effect on plant growth. The fertilization routines did not have significant differences in any of the measured variables. Finally, the irrigation schedules during hardening phase, enhanced height and diameter growth and phytomass productivity when irrigated every 48 hours. Survival was not controlled by any of the studied sources of variation.

**KEY WORDS:** *Pinus cooperi*, container sizes, fertilization, irrigation, target seedling.

## INTRODUCCIÓN

En México, la tecnología para cultivar planta forestal en contenedores rígidos ha sido desarrollada particularmente durante la última década. Hasta principios de 1990 prevaleció el sistema tradicional, caracterizado por producir planta en condiciones ambientales de intemperie, en bolsas de polietileno con volúmenes de 300 a 800 cm<sup>3</sup> y

con sustratos compuestos por tierra de monte, mantillo de encino y arena de río, entre otros (Prieto *et al.*, 1999). En contraste, el sistema de contenedores rígidos considera ambientes controlados, envases con volúmenes de 50 a 250 cm<sup>3</sup> y sustratos artificiales con un mínimo de nutrientes (Landis *et al.*, 1990). El proceso de cambio del sistema tradicional al de contenedores rígidos ha sido lento; en muchos casos se ha generalizado para diversas

regiones y/o especies, esto ha ocasionado deficiencias en el proceso productivo.

Diversos aspectos técnicos tienen relación con el proceso productivo de planta en vivero. El envase define el espacio para el crecimiento del sistema radical de las plantas; pero, para optimizar costos se busca minimizar el volumen sin que se afecte el crecimiento (Landis *et al.*, 1990; Bainbridge, 1994). Mientras tanto, la nutrición influye en los procesos fisiológicos de las plantas, por lo que se requiere que los nutrientes se proporcionen en la cantidad y periodicidad adecuada; concentraciones bajas limitan su crecimiento; en cambio, altos niveles pueden afectar su calidad (Landis *et al.*, 1989). Por otro lado, en la fase de preacondicionamiento se busca incrementar la lignificación de las plantas, previo a su establecimiento en campo (Joly, 1985), lo cual se logra con la aplicación integrada de una serie de prácticas culturales, como la disminución del riego, la modificación de la fertilización (Boivin *et al.*, 2002) y la eliminación del efecto de invernadero.

Debido a que los aspectos anteriores son importantes en la producción de planta, el objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de: a) dos tamaños de envase, b) tres rutinas de fertilización, y c) tres frecuencias de riego en la fase de preacondicionamiento, en el crecimiento y supervivencia de *Pinus cooperi* Blanco en vivero. La especie evaluada se caracteriza por tener amplia distribución y abundancia en los bosques de clima templado del estado de Durango, lo que hace que sea de las más utilizadas en los programas de reforestación.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Condiciones de producción y siembra

El experimento se realizó en el Campo Experimental Valle del Guadiana, del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en Durango, Dgo., a 24° 01' N y 104° 44' W, y a 1,830 m de altitud. La planta se produjo en un invernadero cubierto con plástico y malla sombra del 35 %. Durante la fase de preacondicionamiento se eliminó el efecto de invernadero y se dejó a las plantas en condiciones ambientales de intemperie. El sustrato utilizado consistió en una mezcla compuesta por turba al 55 %, vermiculita al 24 % y agrolita al 21 %. La siembra se realizó el 30 de noviembre de 2001, después de que la semilla se remojó en agua durante 24 horas.

### Tratamientos evaluados

**Envases.** Se utilizaron dos tamaños de envase, contenidos en charolas de poliestireno: a) envase de 80 cm<sup>3</sup> de volumen, con 10.4 cm de largo y 3.6 cm de diámetro superior y b) envase de 170 cm<sup>3</sup> de volumen, con 15.6 cm de largo y 4.3 cm de diámetro superior.

**Fertilización.** Se evaluaron tres rutinas de fertilización basadas en Multicote™ y Peters professional™. Multicote™ es un fertilizante granulado que se libera de 9 a 11 meses, cuya formulación N-P-K (nitrógeno-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O) fue de 15:07:15 y se añadió a las tres rutinas en el sustrato en dosis de 5 kg·m<sup>-3</sup>. En cambio, Peters Professional™ es soluble en agua y tiene diferentes proporciones de N-P-K en cada fase de crecimiento que caracterizan a las plantas en vivero (Landis *et al.*, 1989; Dumroese *et al.*, 1998): a) fase de establecimiento, comprende desde la germinación hasta que la raíz principal crece al largo del envase, aplicada al mes de edad de las plántulas, del 22 de diciembre de 2001 hasta el 27 de febrero de 2002; b) fase de crecimiento rápido, ocurre a partir de que inician su crecimiento en altura hasta que se logra la altura objetivo, evaluada del 1 de marzo al 7 de junio de 2002, y c) de preacondicionamiento, se considera desde que cesa el crecimiento en altura hasta que sale del vivero, estudiada del 10 de junio al 25 de julio de 2002. Los fertilizantes que sirvieron de base para calcular las dosis evaluadas, en las respectivas fases de crecimiento fueron: a) Peters iniciador™ (7:40:17 N-P-K); b) Peters desarrollo™ (20:7:19 N-P-K), y c) Peters finalizador™ (4:25:35 N-P-K). La selección de las dosis evaluadas, en ambos fertilizantes, consideró el rango de concentraciones que la literatura recomienda para el género *Pinus*. Las fertilizaciones solubles en agua se aplicaron cada 72 horas.

**CUADRO 1. Dosis de fertilización de N-P-K, en partes por millón (ppm), utilizadas por fase de crecimiento de las plantas.**

Rutina de fertilización	Establecimiento	Crecimiento rápido	Preacondicionamiento
R1	50:125:101*	100:15:79	50:136:363
R2	75:187:151	175:27:138	75:205:545
R3	100:249:202	250:38:197	100:272:726

\*Peters Professional™.

**Riego.** Se evaluó sólo durante la fase de preacondicionamiento y consistió en regar las plantas en tres intervalos de tiempo: a) cada 48 horas, con un contenido de humedad del sustrato (CH) entre 335 y 173 %, b) cada 96 horas, con 333 a 87 % de CH, y c) cada 168 horas, con 346 a 69 % de CH. Los CH máximos corresponden a la condición de saturación de humedad del sustrato al inicio de los ciclos de estrés hídrico, en tanto que los CH mínimos se obtuvieron al finalizar cada ciclo de estrés. Después de terminar cada ciclo, el sustrato se mantuvo saturado de humedad durante 24 horas. El contenido gravimétrico de humedad se determinó mediante el método siguiente (Landis *et al.*, 1989):

$$CH(\%) = \frac{\text{Peso fresco del sustrato} - \text{Peso anhidro del sustrato}}{\text{Peso anhidro del sustrato}} \times 100$$

## Modelo experimental y análisis estadístico

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño experimental de bloques al azar con un arreglo en parcelas subdivididas. Cada tratamiento estuvo compuesto por cuatro repeticiones. La parcela grande consideró a la frecuencia de riegos, la mediana a las rutinas de fertilización y la pequeña a los tamaños de envase. El efecto de la parcela grande se evaluó sólo en la fase de precondicionamiento.

El modelo experimental utilizado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + \beta_i + \tau_j + (\beta\tau)_{ij} + \eta_k + (\tau\eta)_{jk} + (\beta\eta)_{ik} + \delta_l + (\tau\delta)_{jl} + (\eta\delta)_{kl} + (\tau\eta\delta)_{jkl} + \varepsilon_{ijkl}$$

Donde:  $Y_{ijkl}$  = variables respuesta,  $\mu$  = promedio general de las diferentes fuentes de variación,  $\beta_i$  = efecto del  $i$ -ésimo bloque,  $\tau_j$  = efecto de la  $j$ -ésima frecuencia de riego,  $\eta_k$  = efecto de la  $k$ -ésima rutina de fertilización,  $\delta_l$  = efecto del  $l$ -ésimo tamaño de envase,  $\varepsilon_{ijkl}$  = error aleatorio. Las combinaciones de letras representan las interacciones con los bloques y entre los factores evaluados.

Los datos se analizaron mediante análisis de varianza realizados con el paquete Statistical Analysis System (SAS, 1999), utilizándose el procedimiento PROC GLM. Cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $P < 0.05$ ), se realizaron pruebas de comparación de medias de Tukey.

## Variables evaluadas

Al final de cada fase de crecimiento se seleccionaron en forma aleatoria ocho plantas por unidad experimental, a las que se les evaluó: a) altura de la parte aérea, b) diámetro del cuello, y c) producción de fitomasa seca de la parte aérea, del sistema radical y total. Además, en la

evaluación final se determinó: a) supervivencia, y b) concentración de nutrimentos en el follaje de las plantas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las interacciones de los factores evaluados: tamaño de envase, rutinas de fertilización y frecuencia de riegos, no fueron significativas ( $P > 0.05$ ) en las tres fases de crecimiento de las plantas: establecimiento, crecimiento rápido y precondicionamiento. Esto significa que cada factor influyó de manera independiente en el crecimiento de las plantas, resultados que se presentan a continuación.

### Fase de establecimiento

**Tamaños de envase.** El tamaño de envase no tuvo efectos significativos ( $P > 0.05$ ) en las variables evaluadas (Figura 1), lo que indica que a las 12 semanas de edad de las plantas el volumen en los envases no fue un factor limitativo para el crecimiento del sistema radical, parte que más crece después de la germinación debido a la necesidad que tienen las plantas para establecerse en el sustrato (Johnson y Cline, 1991). CEFORA (1994) señala que en *Pinus caribaea* Mor., el efecto del tamaño de envase se manifestó a partir de la décima semana, con una menor producción de fitomasa en envases de 41 a 350 cm<sup>3</sup> de volumen con relación a envases de 740 cm<sup>3</sup>. En este experimento no existieron diferencias debido posiblemente a que *Pinus cooperi* tuvo un crecimiento lento después de la germinación, ocasionado en gran medida por temperaturas bajas, ya que esta fase ocurrió en invierno.

**Rutinas de fertilización.** Las dosis de nutrimentos aplicadas sólo tuvieron efectos significativos ( $P < 0.05$ ) en la variable altura, pero con diferencias estadísticas sólo entre los tratamientos R2 y R1 (Figura 2). Aunque el crecimiento de las plantas en las variables evaluadas no

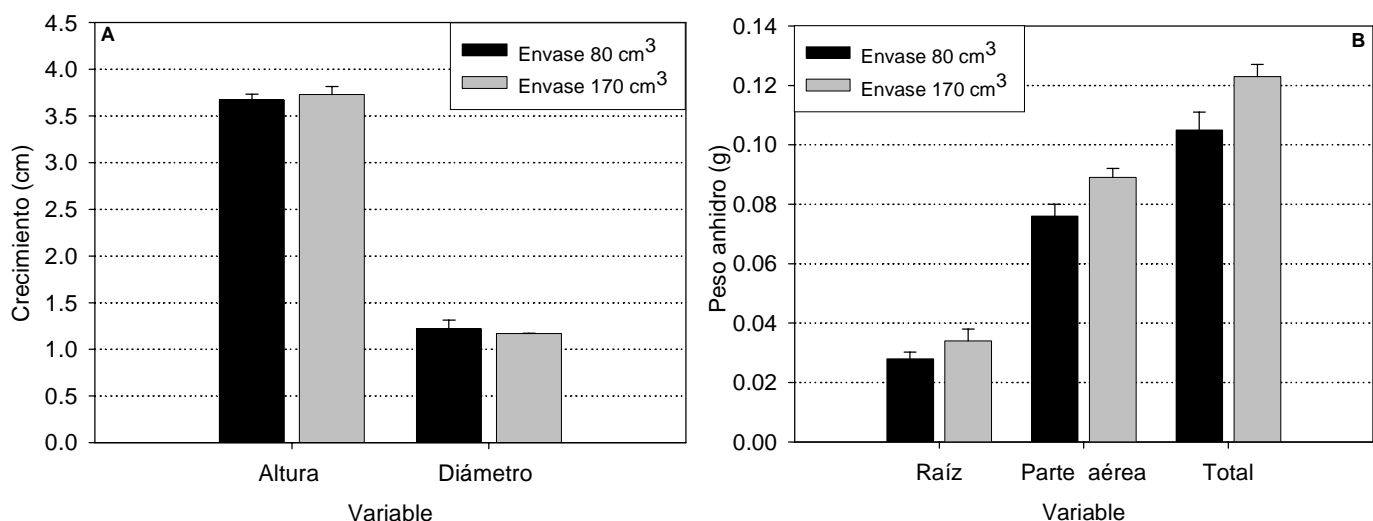


FIGURA 1. Crecimiento en altura y diámetro (A), y producción de fitomasa (B) por tamaño de envase, en plantas de *Pinus cooperi* a 12 semanas de edad en vivo.

fue significativo, con excepción de la altura, esta fase es importante debido a que es cuando el sistema radical se establece en el medio de crecimiento y las plantas están listas para formar nuevos tejidos en las regiones meristemáticas e iniciar la fase de crecimiento rápido (Timmer y Armstrong, 1989).

Pese a que existe controversia sobre la conveniencia de suministrar fertilizante en la fase de establecimiento de las plantas, investigadores como Landis *et al.* (1989) y Starkey (2002) recomiendan aplicar dosis bajas de nitrógeno (50 ppm). Por su parte, Dumroese *et al.* (1998) señalan que el programa de fertilización debe iniciar dos a tres semanas después de la germinación, en dosis de 33 a 65 ppm de nitrógeno. Al respecto, debe considerarse que

el fósforo favorece el crecimiento del sistema radical. En esta fase las dosis de fósforo superaron en más del doble al nitrógeno en las tres rutinas de fertilización.

### Fase de crecimiento rápido

**Tamaños de envase.** El tamaño de envase tuvo diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) sólo en la variable producción de fitomasa del sistema radical, con los resultados más favorables en el envase de mayor volumen (Figura 3). Aunque la diferencia en volumen entre envases fue de 90 cm<sup>3</sup>, el espacio disponible en el envase con menor volumen (80 cm<sup>3</sup>) no restringió el crecimiento en las demás variables, a pesar de que las plantas tenían 25 semanas de edad.

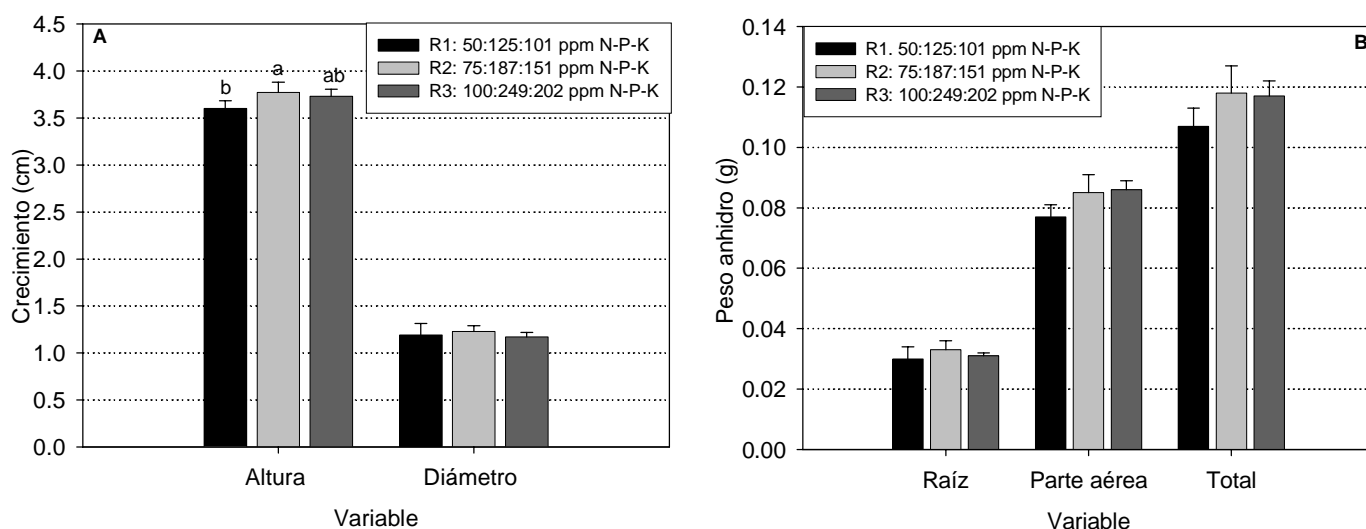


FIGURA 2. Crecimiento en altura y diámetro (A), y producción de fitomasa (B) por rutina de fertilización, en plantas de *Pinus cooperi* a 12 semanas de edad en vivero. Letras diferentes para la misma variable indican diferencias significativas (Tukey;  $P < 0.05$ ).

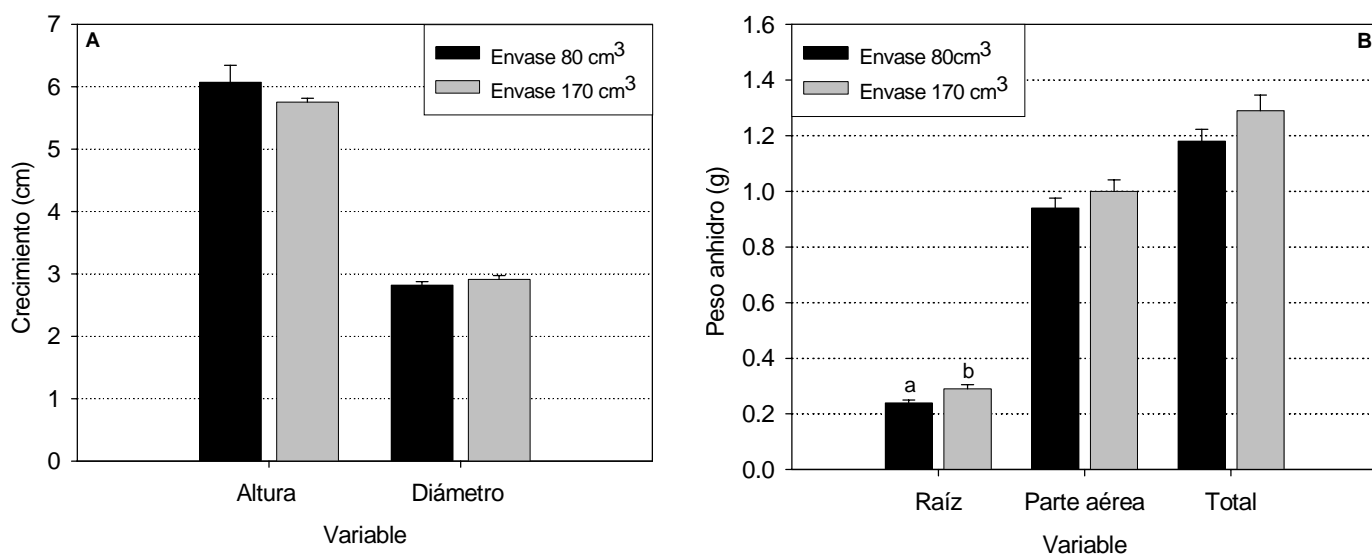


FIGURA 3. Crecimiento en altura y diámetro (A), y producción de fitomasa (B) por tamaño de envase, en plantas de *Pinus cooperi* a 25 semanas de edad en vivero. Letras diferentes para la misma variable indican diferencias significativas (Tukey;  $P < 0.05$ ).

**Rutinas de fertilización.** En este factor sólo existieron diferencias estadísticas en la variable diámetro del cuello, con superioridad en las dosis baja e intermedia ( $P < 0.05$ ) (Figura 4). Las dosis de fertilización en esta fase variaron de 100 a 250 ppm de nitrógeno, valores que están en el rango de 60 a 260 ppm de nitrógeno, recomendado para especies del género *Pinus* por Landis *et al.* (1989), Dumroese *et al.* (1998), Aldana y Aguilera (2002) y Starkey (2002). Aunque dichos investigadores señalan que las fertilizaciones deben ser diarias, en este caso las aplicaciones fueron cada 72 horas, lo que hizo que disminuyera la cantidad de fertilizante total suministrado por períodos.

### Fase de precondicionamiento

**Tamaños de envase.** Con excepción de la supervivencia que fue superior al 98 % en ambos tamaños

de envase, las demás variables tuvieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), obteniéndose los resultados más favorables en el envase de 170 cm<sup>3</sup> de volumen (Figura 5), lo cual puede deberse al mayor espacio de crecimiento que existió para el sistema radical y al hecho de que la parte aérea de la planta tuvo menor densidad (395 plantas m<sup>-2</sup>) con relación al envase de 80 cm<sup>3</sup> (574 plantas m<sup>-2</sup>), lo que implicó menos competencia por luz y disponer de más espacio para el crecimiento del área foliar.

Pese a que en las fases de establecimiento y crecimiento rápido el efecto del tamaño de envase no fue significativo en las variables evaluadas ( $P > 0.05$ ), con excepción del peso seco de la raíz en la fase de crecimiento rápido, los resultados de esta fase resaltan la importancia que tiene el volumen en el crecimiento del sistema radical y en consecuencia de toda la planta, para que adquieran los atributos morfológicos requeridos para su

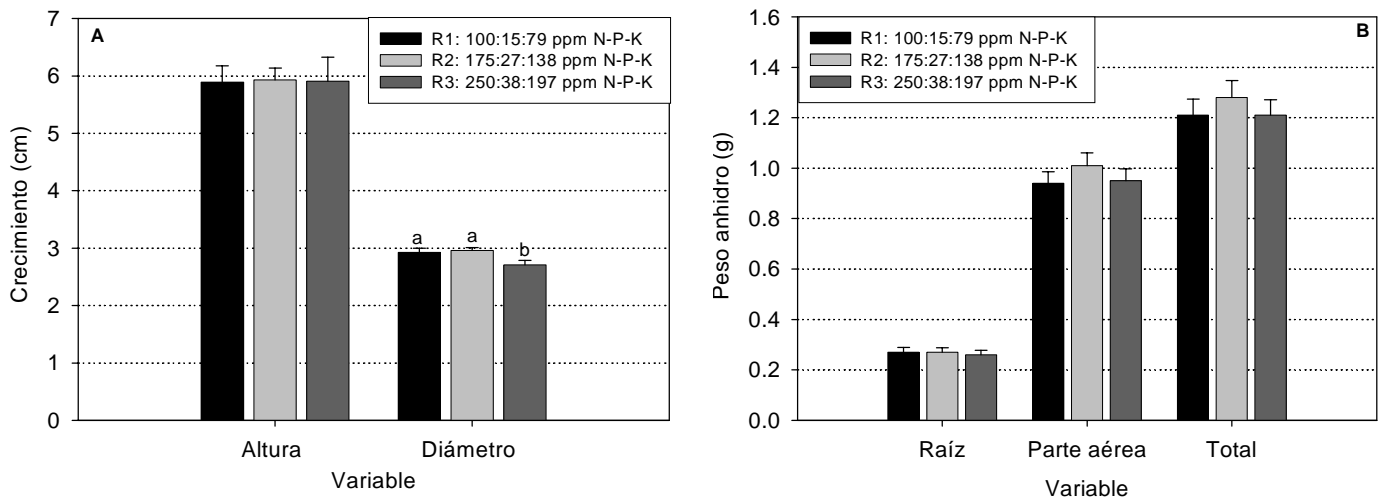


FIGURA 4. Crecimiento en altura y diámetro (A), y producción de fitomasa (B) por rutina de fertilización, en plantas de *Pinus cooperi* a 25 semanas de edad en vivero. Letras diferentes para la misma variable indican diferencias significativas (Tukey;  $P < 0.05$ ).

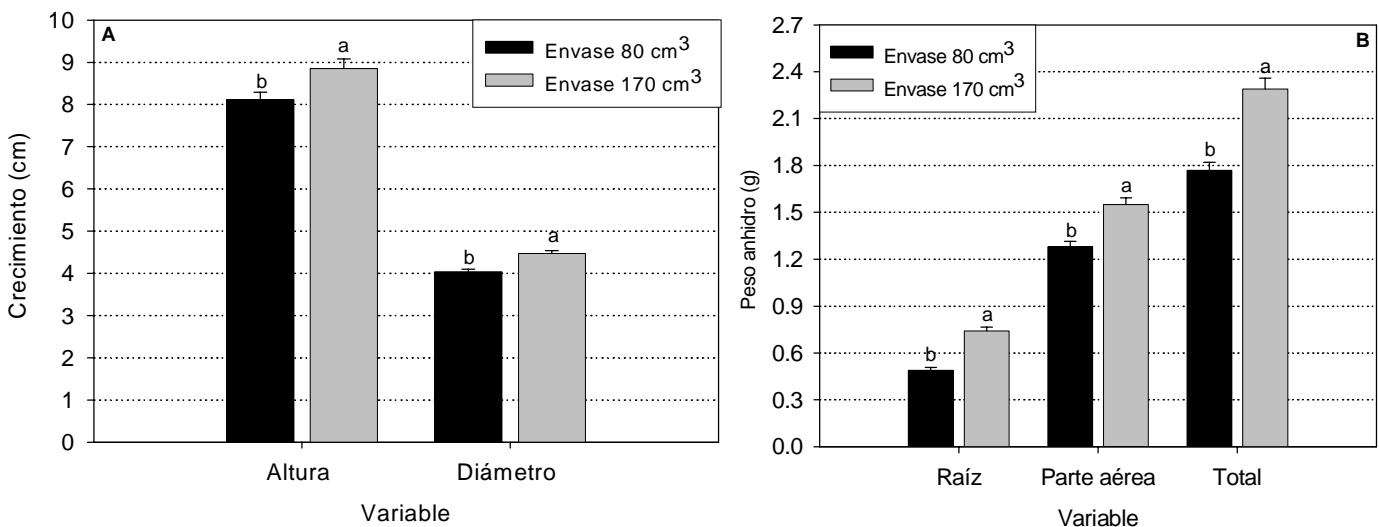


FIGURA 5. Crecimiento en altura y diámetro (A), y producción de fitomasa (B) por tamaño de envase, en *Pinus cooperi* a 31 semanas de edad en vivero. Letras diferentes para la misma variable indican diferencias significativas (Tukey  $P < 0.05$ ).

establecimiento apropiado en campo. Por su parte, Prieto (2004) le dio continuidad en campo a este experimento y encontró que a los 18 meses de plantado, el envase de 170 cm<sup>3</sup> de volumen favoreció mejor el crecimiento de las plantas en diámetro y producción de fitomasa, sin que existieran diferencias significativas en el crecimiento en altura y supervivencia de las plantas.

Con relación a las características que debe reunir un envase, existen diversas opiniones; al respecto Landis *et al.* (1990), Bainbridge (1994), Peñuelas y Ocaña (1996), Domínguez *et al.* (2000) y Mullan y White (2001) coinciden en que el volumen del envase es trascendental en el crecimiento de las plantas en vivero y en campo, al tener relación directa con el crecimiento del sistema radical medio a través del cual las plantas absorben la humedad y nutrientes, además de servir de sostén.

**Rutinas de fertilización.** Las rutinas de fertilización estudiadas no mostraron diferencias significativas en las variables evaluadas ( $P > 0.05$ ) (Figura 6), al tener características morfológicas similares. Estos resultados coinciden con los obtenidos en las fases de establecimiento y crecimiento rápido evaluadas anteriormente, excepto por la altura en la fase de establecimiento y del diámetro del cuello en la fase de crecimiento rápido. Resultados similares obtuvieron Rodríguez y Duryea (2003), quienes tampoco encontraron diferencias en la supervivencia y crecimiento de *Pinus palustris* Mill en vivero debido al efecto de la fertilización. En cambio, Avitia (2001) fertilizó a *Pinus engelmannii* y *Pinus durangensis* Mart. con tres dosis, la rutina más favorable fue cuando fertilizó con 75:187:151 ppm de N-P-K, 175:27:138 ppm de N-P-K y 75:205:545 ppm de N-P-K, aplicadas en las fases de establecimiento, crecimiento rápido y precondicionamiento de las plantas, respectivamente.

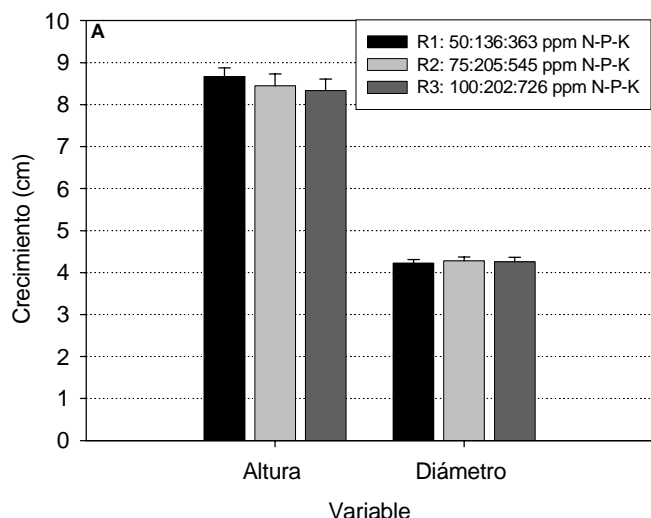


FIGURA 6. Crecimiento en altura y diámetro (A), y producción de fitomasa (B) por rutina de fertilización, en plantas de *Pinus cooperi* a 31 semanas de edad en vivero.

Con relación a los nutrientes asimilados en el follaje de las plantas, los valores de las tres dosis, con excepción del nitrógeno para la dosis menor, estuvieron en el rango recomendado por Landis *et al.* (1989) y CEFORA (1994) para *Pinus* spp., quienes indican que el nitrógeno total debe estar entre 1.3 y 3.5 %, el fósforo entre 0.2 y 0.6 % y el potasio entre 0.7 y 2.5 % (Figura 7). Sin embargo, los porcentajes de nutrientes absorbidos en el follaje de las plantas, principalmente del nitrógeno y el fósforo, están en el límite inferior recomendado. Esto indica que las dosis de nutrientes, principalmente la baja e intermedia, deben aumentarse para favorecer el crecimiento de las plantas. Lo anterior explica la ausencia de diferencias en la planta producida debido al efecto de las rutinas de fertilización utilizadas. Dumroese (2003) recomienda incrementar las dosis de nitrógeno en la fase de precondicionamiento, para que las plantas adquieran reservas de nutrientes que le servirán durante su establecimiento.

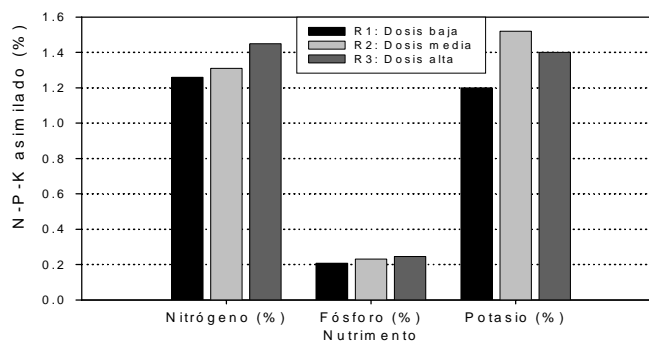
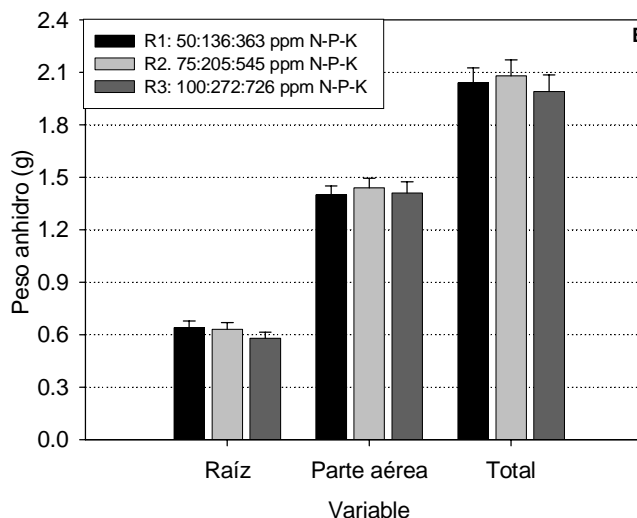


FIGURA 7. Niveles de nutrientes asimilados por las plantas de *Pinus cooperi* a 31 semanas de edad.

**Frecuencia de riegos.** Con excepción de la supervivencia que fue superior al 98 % en todos los tratamientos,



el factor frecuencia de riegos mostró diferencias significativas en las variables evaluadas ( $p < 0.05$ ) (Figura 8), ubicándose en el nivel superior a la planta regada cada 48 horas. Esto indica que el crecimiento de las plantas fue mayor cuando el CH del medio de crecimiento fluctuó entre 335 y 173 %. En cambio, cuando se regó cada 96 horas (333 a 87 % de CH) y cada 168 horas (346 a 69 % de CH), el crecimiento de las plantas se redujo. Sin embargo, Prieto (2004) encontró que dicho material experimental tuvo una respuesta diferente en campo a los 18 meses de plantado, al resultar superior estadísticamente el riego cada 96 horas en las variables diámetro y producción de fitomasa. En las demás variables los resultados fueron similares estadísticamente.

Es importante destacar que en esta fase el objetivo es incrementar la lignificación de las plantas, para que tengan mayores probabilidades de supervivencia y desarrollo en el sitio de plantación. Rojas (2003) indica que cuando existe deficiencia de agua en las plantas, la eficacia de los procesos fisiológicos disminuye. En ese sentido, Timmer y Armstrong (1989) señalan que en la fase de precondicionamiento la función del agua cambia, ya que cuando se aplica sin restricción sirve para que las plantas realicen adecuadamente su metabolismo; en cambio, cuando se reduce la humedad el crecimiento disminuye y se propicia que las yemas entren en estado de letargo.

### CONCLUSIONES

El tamaño de envase influyó en el crecimiento de las plantas a partir de la fase de precondicionamiento, con los mejores resultados en el envase de 170 cm<sup>3</sup> de volumen.

Las rutinas de fertilización evaluadas no mostraron diferencias significativas en las variables evaluadas durante las tres fases de crecimiento de las plantas.

La frecuencia de riego influyó en el crecimiento de las plantas y la frecuencia cada 48 horas, en la fase de precondicionamiento, fue la que más favoreció el crecimiento de las plantas.

### AGRADECIMIENTOS

Al INIFAP y al CONACYT, por la beca otorgada al primer autor para realizar estudios de Doctorado. A la Fundación Produce Durango, A. C., por el financiamiento brindado a través del Proyecto Bosque Modelo Durango. A los técnicos del INIFAP: C. Francisco J. Falcón F. y Francisco J. Chávez O., por su valioso apoyo en la toma de datos. A los revisores anónimos por sus acertados comentarios para mejorar este documento.

### LITERATURA CITADA

- ALDANA B., R.; AGUILERA R., M. 2002. Procedimientos y cálculos básicos útiles en la operación de viveros que producen en contenedor. PRONARE. CONAFOR. Documento Técnico. Guadalajara, Jal. 44 p.
- AVITIA S., V. 2001. Evaluación de dos tipos de fertilizantes, en tres rutinas, en la producción de dos especies de pino en sistema tecnificado. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del estado de Durango. Durango, Dgo. 57 p.
- BAINBRIDGE D., A. 1994. Container optimization-field data support container innovation. In: Landis, T. D.; Dumroese, R. K., Tech. coords. Gen. Tech. Rep. RM-GTR-257. Fort Collins, Co. USDA. Forest Service.
- BOIVIN J., R.; MILLER B., D.; TIMMER V., R. 2002. Late-season fertilization of *Picea mariana* seedlings under greenhouse culture: biomass and nutrients dynamics. Ann. For. Sci. 59: 255-264.
- CEFORA. 1994. Viveros y reforestación en México. In: Curso Internacional de Entrenamiento. 4-22 junio 1994. CEFORA-NMSU.

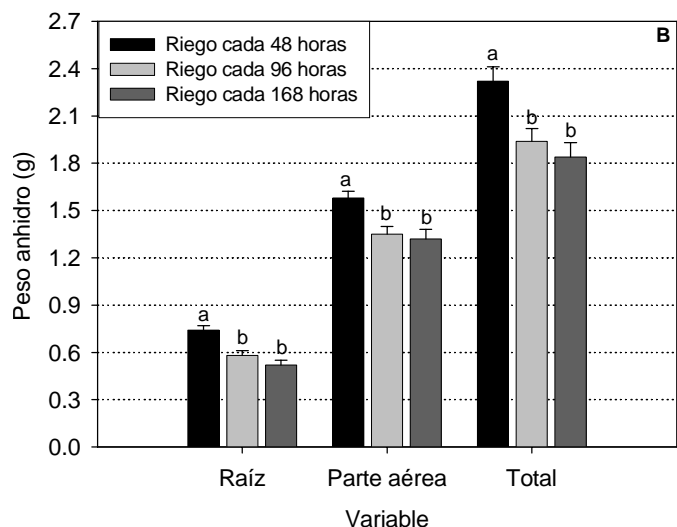
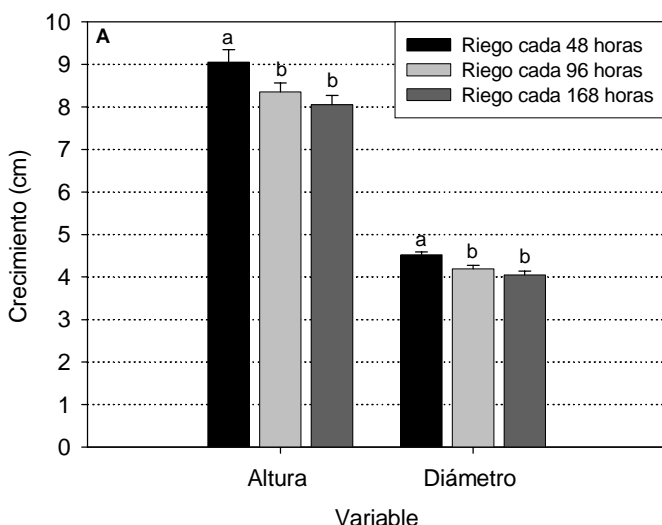


FIGURA 8. Crecimiento en altura y diámetro (A), y producción de fitomasa (B) por frecuencia de riego, en plantas de *Pinus cooperi* a 31 semanas de edad en vivero. Letras diferentes para la misma variable indican diferencias significativas (Tukey;  $P < 0.05$ ).

- Servicio Forestal de los Estados Unidos. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre en México. 120 p.
- DOMÍNGUEZ L., S.; CARRASCO M., I.; HERRERO S., N.; OCAÑA B., L.; NICOLÁS P., J. L.; PEÑUELAS R., J. L. 2000. Las características de los contenedores influyen en la supervivencia y crecimiento de plantas de *Pinus pinea* en campo. *In: Actas del Primer Simposio sobre el pino piñonero*. Valladolid, España. pp: 203-209.
- DUMROESE R., K.; LANDIS T., D.; WENNY D., L. 1998. Raising forest tree seedlings at home: Simple methods for growing conifers of the Pacific Northwest from seeds. Moscow, Idaho: University of Idaho, Idaho. Forest Wildlife and Range Experiment Station. Contribution Number 860. 56 p.
- DUMROESE R., K. 2003. Hardening fertilization and nutrient loading of conifer seedlings. *In: Riley, L. E., Dumroese, R. K., Landis, T. D., Tech. coords. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations. 2002. Proceedings RMRS-P-28. Odgen, UT. USDA. Forest Service, Rocky Mountain Research Station. pp: 31-36.*
- JOHNSON, J. D.; CLINE, M. L. 1991. Seedling quality of southern pines. *In: Duryea M., L. and Dougherty, P.M. (eds.) Forest Regeneration Manual. Lluver Academic Pub. Netherlands. pp: 143-159.*
- JOLY R., J. 1985. Techniques for determining seedling water status and their effectiveness in assessing stress. *In: Duryea, M. L. (ed). Evaluating seedling quality: Principles, procedures and predictive abilities of major tests. Forest Research Laboratory. Oregon State University. Corvallis, Oregon. U. S. pp: 17-28.*
- LANDIS T., D.; TINUS R., W.; McDONALD S., E.; BARNETT J., P. 1989. Seedling Nutrition and Irrigation. Vol. 4. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk 674. Washington, D. C. USDA. Forest Service. 119 p.
- LANDIS, T. D.; TINUS R., W.; McDONALD S., E.; BARNETT J., P. 1990. Containers and Growing Media. Vol. 2. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Washington, D.C. USDA. Forest Service. 88 p.
- MULLAN G., D.; WHITE P., J. 2001. Seedling quality: Making informed choices. Bushcare and the Department of Conservation and Land Management. Wheathelt Region. 24 p.
- PEÑUELAS R., J. L.; OCAÑA B., L. 1996. Cultivo de Plantas Forestales en Contenedor. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Mundi-Prensa, Madrid, España. 190 p.
- PRIETO R., J. A.; VERA C., G.; MERLÍN B., E. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico 12. INIFAP. SAGAR. Durango, Dgo., México. 23 p.
- PRIETO R., J. A. 2004. Factores que influyen en la producción de planta de *Pinus* spp en vivero y en su establecimiento en campo. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Linares, N.L. 110 p.
- RODRÍGUEZ T., D. A.; DURYEA M., L. 2003. Indicadores de calidad de planta en *Pinus palustris* Mill. *Agrociencia* 37: 299-307.
- ROJAS G., M. 2003. La resistencia a la sequía. *Ciencia UANL* 6(3): 326-331.
- SAS, INSTITUTE INC., 1999. SAS., Versión 8. SAS., Insstitute Inc. Cary, North Carlolina.
- STARKEY T., E. 2002. Irrigation and fertilization type, rate and frequency of application. *In: Barnett J., P.; Dumroese R., K.; Moorhead D., J. (eds.). Proceedings: Growing longleaf pine in containers. 1999 and 2001 workshops. Gen. Tech. Rep. SRS. Asheville, N. C. USDA. Forest Service, Southern Research Station. pp: 30-34.*
- TIMMER V., R.; ARMSTRONG, G. 1989. Growth and nutrition of containerized *Pinus resinosa* seedlings at varying moisture regimes. <http://www.forestry.auburn.edu/sfnmc/class/fy614/irrigate.html>. Marzo 2004.