

EFECTO DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE *Pinus greggii* Engelm. var. *australis* EN VIVERO SOBRE SU DESARROLLO MORFOFISIOLÓGICO EN CAMPO

EFFECT OF THE PRODUCTION SYSTEM OF *Pinus greggii* Engelm. var. *australis* IN GREENHOUSES ON MORPHOPHYSIOLOGICAL DEVELOPMENT IN THE FIELD

Sánchez-Vásquez, O.¹; Cetina-Alcalá, V.M.^{1*}; López-López, M.A.¹; Trejo-Téllez, L.I.²

¹Postgrado en Ciencia Forestales. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. ²Profesor-Investigador Postgrado en Edafología, Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México.

*Autor de correspondencia: vicmac@colpos.mx

RESUMEN

Para mejorar el éxito de los trabajos de conservación y restauración forestal se debe tomar en cuenta en una planta su calidad morfológica y fisiológica antes de llevarla a campo. Se evaluaron los efectos del proceso de la producción de planta de *Pinus greggii* Engelm. var. *australis* en vivero y desarrollo en campo. bajo un diseño experimental completamente al azar, con arreglo factorial, se evaluó la tasa de adición nutrimental, convencional (FC) y exponencial (FE), tipo de envase: negro con drenaje en la base (NB), blanco con drenaje en la base (BB), negro con drenaje en la base y lateral (NL) y blanco con drenaje en la base y lateral (BL), sustrato: peat moss (Pm), peat moss-corteza de pino (Pm-Cp) y corteza de pino (Cp). Las variables fueron la altura (H), diámetro al cuello de la raíz (D), índice de esbeltez (IE), concentraciones de nutrimentos (N, P, K). Los análisis de varianza indicaron que los tres factores afectan significativamente las variables morfológicas evaluadas excepto el peso seco de 100 acículas. El abastecimiento nutrimental, tipo de envase y mezcla de sustrato tuvieron efectos significativos en la concentración foliar de N, P y K al cabo de un año de establecida la planta. La mayor concentración de N, P, K se obtuvo con FE (0.180%, 825.480 mg kg⁻¹ y 1608.174 mg kg⁻¹) contra FC (0.171%, 804.346 mg kg⁻¹ y 1590.026 mg kg⁻¹, de N, P y K, respectivamente). Respecto al tipo de envase, NB y NL lograron igualmente mayores concentraciones para N (NB=0.183 %), P (NL=863.260 mg kg⁻¹) y K (NL=1672.379 mg kg⁻¹). De igual forma, la mezcla de sustrato Pm-Cp y Pm alcanzaron mayores concentraciones de N (Pm-Cp=0.188%), P (Pm=860.193 mg kg⁻¹) y K (Pm=1721.741 mg kg⁻¹). En conjunto los envases NL y BB, y mezclas de sustrato Pm y Pm-Cp tuvieron efectos significativos sobre concentraciones foliares de N, P, K. La sobrevivencia fue de mayor al 90% en el 50% de los tratamientos. FE produce planta de mejor calidad y mayor carga nutrimental para reforestar sitios degradados. El envase NL o BB y mezcla de sustrato Pm-Cp promovieron mayores concentraciones foliares de N y P por efecto de concentración.

Palabras clave: restauración, abasto nutrimental, calidad de planta, pinos, Oaxaca.

ABSTRACT

To improve the success of the forest conservation and restoration efforts, the morphological and physiological quality of a plant should be taken into account before taking it to the field. The effects of the production process of plants of *Pinus greggii* Engelm. var. *australis* in greenhouses and field development were evaluated. Under a completely random experimental design, with factorial arrangement, the following were evaluated: nutritional, conventional (FC) and exponential (FE) addition rate, type of container: black with drainage on the base (NB), white with drainage on the base (BB), black with drainage on the base and lateral (NL), and white with drainage on the base and lateral (BL), substrate: peat moss (Pm), peat moss-pine bark (Pm-Cp) and pine bark (Cp). The variables were height (H), diameter at the neck of the root (D), slenderness index (IE), nutrient concentrations (N, P, K). The variance analyses indicated that the three factors affect significantly the morphological variables evaluated except the dry weight of 100 needles. The nutritional supply, type of container, and mix of substrate had significant effects on the foliar concentration of N, P and K after one year since the establishment of the plant. The highest concentration of N, P, K was obtained with FE (0.180%, 825.480 mg kg⁻¹ and 1608.174 mg kg⁻¹) against FC (0.171%, 804.346 mg kg⁻¹ and 1590.026 mg kg⁻¹, of N, P and K, respectively). Regarding the type of container, NB and NL achieved equally higher concentrations for N (NB=0.183 %), P (NL=863.260 mg kg⁻¹) and K (NL=1672.379 mg kg⁻¹). Likewise, the mixture of Pm-Cp and Pm substrate reached higher concentrations of N (Pm-Cp=0.188%), P (Pm=860.193 mg kg⁻¹) and K (Pm=1721.741 mg kg⁻¹). Together, the containers NL and BB, and substrate mixtures of Pm and Pm-Cp had significant effects on foliar concentrations of N, P, K. The survival was higher than 90 % in 50 % of the treatments. FE produces better quality plant and higher nutritional load to reforest degraded sites. The NL or BB container and the mixture of Pm-Cp substrate promoted higher foliar concentrations of N and P resulting from the effect of the concentration.

Keywords: restoration, nutritional supply, plant quality, pines, Oaxaca.

miento de los recursos naturales es maderable, comestible, medicinal, construcción de viviendas y libre pastoreo. Desafortunadamente, lo referente a conceptos como conservación, extinción y pérdida de la diversidad vegetal se encuentra muy poco desarrollado, haciendo evidente la falta de un plan de manejo forestal. De esta manera surge el interés de su población, la búsqueda de preservar sus recursos naturales. Para mejorar el éxito los diferentes trabajos de la planificación y ejecución de los programas de conservación y restauración forestal, se debe tomar en cuenta que una planta de calidad es necesaria para ser llevada a campo, de la misma manera en la que debe ser adecuada para el sitio al que será llevada, esto implica características morfológicas y fisiológicas convenientes. En el presente trabajo se evaluaron los efectos del proceso de la producción de planta de *Pinus greggii* Engelm. var. *australis* en vivero, sobre su desarrollo en campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Etapas de vivero. Se utilizaron plantas de *Pinus greggii* Engelm. var. *australis*. La planta se produjo durante ocho meses, fueron producidas en envases rígidos de 245 cm³, con dos diferentes colores y drenajes, negro con drenaje en la base (NB), blanco con drenaje en la base (BB), negro con drenaje en la base y lateral (NL) y blanco con drenaje en la base y lateral (BL), con mezclas de sustrato a base de peat moss (Pm) y corteza de pino (Cp). El experimento en la etapa de vivero se estableció bajo un diseño experimental completamente al azar (DCA), con arreglo factorial 2x4x3, correspondientes a las combinaciones de los tres factores de estudio: tasa de adición nutrimental, dos niveles,

INTRODUCCIÓN

En México se encuentran representados prácticamente todos los tipos de vegetación terrestre natural conocidos, y el ecosistema de bosques templados ocupa el 24%. El ritmo de pérdida de superficie de bosques templados ubica a México entre los países con mayor índice de deforestación (CONAFOR, 2009). El estado de Oaxaca posee una extensión de 3.3 millones de bosques de clima templado (Biodiversidad de Oaxaca, 2004). Anualmente se reforestan cerca de 8,000 ha para lo cual se producen del orden de los 11,000,000 de plantas (Grupo Mesófilo A.C., 2013). El estado ha sido una de las entidades sobresalientes en el sector forestal de México; es pionero en muchas actividades relacionadas con el manejo sustentable de los bosques y la silvicultura comunitaria (PEFO, 2008). En el municipio de San Cristóbal Amoltepec, Oaxaca, el aprovecha-

convencional (FC) y exponencial (FE), tipo de envase, cuatro niveles, NB, BB, NL BL y sustrato, tres niveles, convencional (Pm): peat moss, agrolita y vermiculita (60:20:20), proporción 1 (Pm-Cp): peat moss, corteza de pino, agrolita y vermiculita (30:30:20:20) y proporción 2 (Cp): corteza de pino, agrolita y vermiculita (60:20:20). La FC consistió en un abasto constante de nutrimentos a lo largo del ciclo de producción y se determinó a partir de la referencia del programa de fertilización para coníferas de crecimiento rápido utilizando fertilizantes Peters®, propuesto por CONARE-CONAFOR (Aldana y Aguilera, 2003). La FE se diseñó en base a un análisis de contenido inicial de N en tejidos, (plántula de 6 a 8 semanas, cuando ésta se establece y el riesgo de mortalidad es relativamente bajo) y un contenido final (planta de tamaño adecuado para trasplante). El procedimiento para calcular la dosis de Peters® 20N-10P-20K a aplicar en cada fecha fue el siguiente: A partir de la fórmula del modelo exponencial descrita por Miller y Timmer (1994).

$$NT=NS(ert-1)$$

donde NT =Aumento deseado en el contenido del nutrimento en la plántula durante t aplicaciones (mg). NS =Contenido inicial del nutrimento en la plántula (mg). r =Tasa de adición nutrimental (% día⁻¹). e =Constante, t =Número de aplicación en la secuencia de aplicaciones de material fertilizante.

Etapas de campo. El experimento se realizó en terrenos comunales del municipio de San Cristobal Amoltepec, Distrito de Tlaxiaco, Oaxaca (17° 17' N y 97° 34' O), a una altitud de 2,320 m. De acuerdo con siste-

ma Köppen, el clima es del tipo C (Wo) (w)b(1) g que corresponde a templado subhúmedo con un régimen de lluvias en verano, precipitación media anual de 1215 mm y temperatura media anual de 15 °C. El terreno registró pendiente de 15%, exposición oeste, suelo profundo, superior a 40 cm, de textura arenosa con rasgos de tepetate. La cubierta vegetal es secundaria, pasto y matorral de aile (*Alnus* sp.). Planta proveniente de cada uno de los 24 tratamientos probados en la etapa de vivero, fue establecida en campo bajo un diseño experimental completamente al azar con tres réplicas quedando la unidad experimental. Se tomaron datos mensuales, hasta la conclusión del mismo, de: altura (H), diámetro al cuello de la raíz (D), supervivencia de los individuos plantados. Con estos datos se calculó el índice de esbeltez (IE) (Cano y Cetina, 2004).

$$IE = [(Altura(cm)) / (Diámetro(mm))]$$

A un año de la plantación se tomaron muestras foliares para estimar concentraciones de nitrógeno (N, %) mediante el método Kjeldahl, fósforo (P, mg kg⁻¹) y potasio (K, mg kg⁻¹) por digestión húmeda con ácido nítrico/perclórico. Los promedios de los datos obtenidos se organizaron en tablas de Microsoft Excel y el análisis estadístico se realizó a través de análisis de varianza y correlación, además de comparaciones de medias con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), utilizando el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS). En relación a la concentración y contenido de N, P y K, se evaluó mediante el método gráfico de vectores desarrollado por Timmer y Stone (1978), interpretando los monogramas conforme a lo sugerido por López y Alvarado (2010) y Haase y Rose (1995).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las Figuras 1 y 2 muestran el incremento de las variables diámetro y altura a un año de establecida la plantación. Las combinaciones con sustrato Pm obtuvieron los diámetros más altos en campo, mientras que el tratamiento con combinación FC, NB y Cp, obtuvo una media mayor en altura respecto a campo (55.66).

Indicadores fisiológicos

Se analizaron los cambios inducidos por cada uno de los factores estudiados, sobre la concentración y contenido nutrimentales, así como la biomasa de 100 acículas. La Figura 3 muestra a la FE con mayor concentración de N y mayor biomasa en 100 acículas. Así también se muestra a los envases sobresalientes son NB con mayor concentración de N y el envase BB con una mayor acumulación de biomasa. En las mezclas de sustrato, resalta en la gráfica Pm-Pc, pues tiene una alta concentración de N y de los tres utilizados es el segundo en acumulación de biomasa, el valor más alto en biomasa lo obtuvo Cp.

De acuerdo con la Figura 4, la FE promovió una mayor concentración de P, así como mayor acumulación de biomasa. En relación con los envases, destacaron NL y BB, el primero por mayor concentración de nutrimentos y el segundo por mayor biomasa acumulada, aunque el BL tuvo alta concentración de nutrimentos, al igual que la acumulación de biomasa, posicionán-

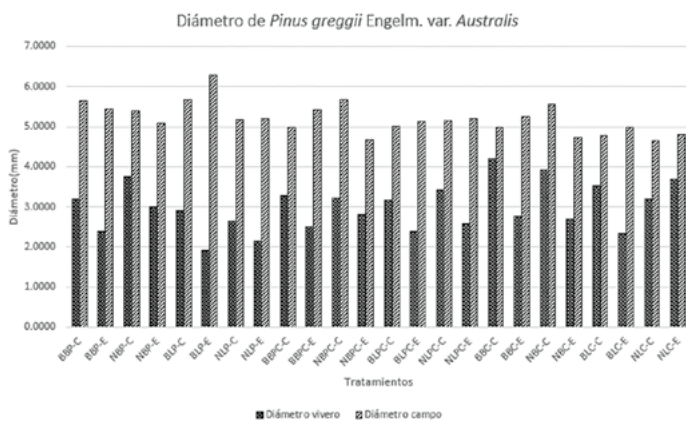


Figura 1. Diámetro tomado al final de la etapa de vivero 2014 y a un año del trasplante 2015 de *Pinus greggii* Engelm. var. australis.

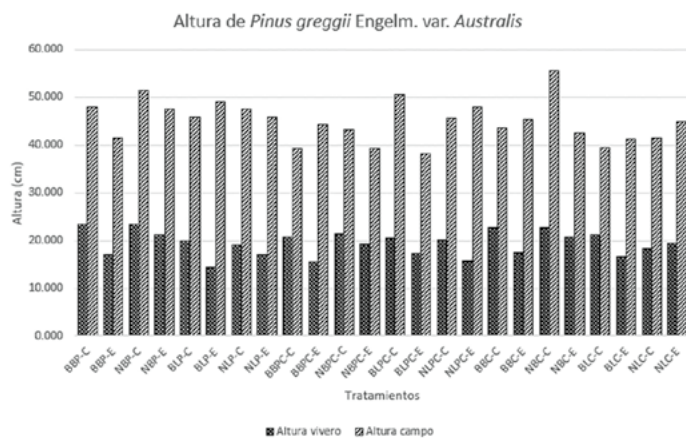


Figura 2. Altura tomada al final de la etapa de vivero 2014 y a un año del trasplante 2015 de *Pinus greggii* Engelm. var. australis.

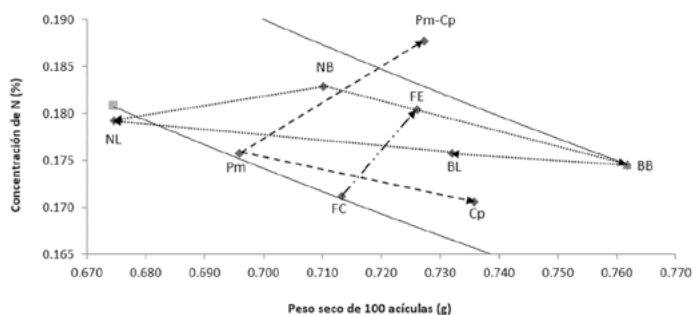


Figura 3. Nomograma de Timmer para nitrógeno foliar en *Pinus greggii* Engelm. var. australis establecida en campo.

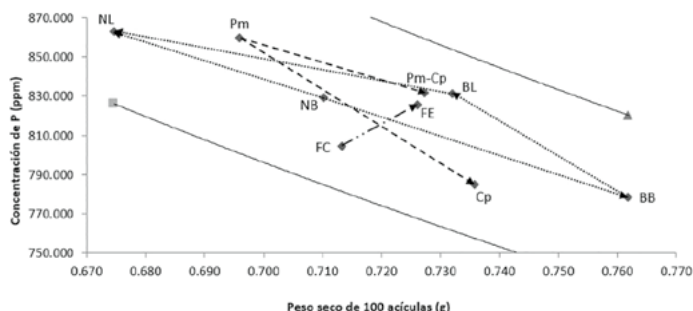


Figura 4. Nomograma de Timmer para fósforo foliar en *Pinus greggii* Engelm. var. australis establecida en campo.

dolo en el segundo lugar en los dos factores. Referente a las mezclas de sustratos, Pm sobresalió de las tres mezclas con una elevada concentración de P y Cp con una mayor biomasa acumulada.

La Figura 5 muestra a la FE con mayor concentración de K y mayor biomasa de la misma manera que en las Figuras anteriores en 100 acículas. De los envases sobresalieron NL y BB, el primero por alta concentración de K y el segundo, por mayor acumulación de biomasa, sin embargo BL, se situó como segundo lugar en acumulación de biomasa y concentración de nutrientes. En las mezclas de sustrato, también resaltó Pm, por una alta concentración de K, y Cp por mayor acumulación de biomasa. Cabe mencionar que en las Figuras anteriores Cp tiene la menor concentración de nutrientes y el mejor en acumulación de biomasa en las plantas establecidas.

Respecto a la sobrevivencia, la Figura 6 muestra a los tratamientos (BLP-EX=FE, BL, Pm; NBPC-C=FC, NB, Pm-Cp) con un nivel del total de los individuos establecidos en campo, mientras que el tratamiento NBC-C (FC, NB, Cp) obtuvo el menor porcentaje de sobrevivencia (72%). La mayor mortalidad fue presentada al final del periodo de lluvias del primer ciclo en campo (diciembre de 2014), las principales causas detectadas de mortalidad fueron daño a la planta debido a la escorrentía presente en el sitio en la época de lluvias y pastoreo. Establecida la plantación se esperaría que la tendencia en vivero de diámetro, altura y variables fisiológicas evaluadas continuara. De acuerdo con los resultados en la etapa de vivero la combinación FC, NB y Cp, produjo plantas con mayores diámetros, alturas y pesos secos. En cuanto a concentración de nutrientes NL y Cp promovieron la concentración más alta, en el extremo superior de las recomendaciones hechas por Landis (1989). De acuerdo a lo anterior, las plantas no permanecieron con la misma tendencia fenológica después de establecida la planta en campo, pues la FE obtuvo la media más alta (8.6266) en cuanto a IE y de la misma manera NL (9.0179) y Cp (8.7840), sobresalen en esta relación altura/diámetro. Las mayores concentraciones de nutrientes, se presentaron en tratamientos con combinaciones FE, Pm-Cp y BB para N, FE, Pm y BB para P, y FE, Pm-Cp y BL para K, lo que indica que FE propició mayores concentraciones de N, P y K. Un año después de establecidas las plantas en campo presentaron altas concentraciones nutrimentales, lo cual significa que en los siguientes

años, podrían sostener un crecimiento elevado al removilizar los nutrimentos internos. De acuerdo con los resultados del presente estudio, el sistema de fertilización exponencial (FE) mejora el crecimiento de las plantas establecidas en campo, elemento fundamental para que la planta supere en competencia por luz a muchas malezas en un plazo corto, incrementando teóricamente, la supervivencia de la plantación. En teoría este sistema es eficiente debido a que en campo las malezas pueden hacer uso de los nutrimentos de la planta recién establecida (Salifu *et al.*, 2001; Timmer y Aidelbaum 1996). Fisiológicamente la tendencia en concentraciones (N=2.19%, P=1624.113 mg kg⁻¹ y K=4871.141 mg kg⁻¹, vivero; N=0.180%, P=825.480 mg kg⁻¹ y K=1608.174 mg kg⁻¹, campo) en FE permaneció. Sin embargo en cuanto a acumulación de biomasa la diferencia de los resultados en vivero fue evidente (PS180=0.601 g para vivero y PS100=0.726 g para campo), FE fue superior a FC, lo que indica que las reservas de nutrimentos en la planta tienen efecto directo en su desarrollo en campo, lo cual concuerda con lo encontrado por Buendía (2016) en *Pinus leiophylla* Schl. & Cham. Referente al envase, a diferencia de los resultados de vivero en los que BB obtuvo las mayores concentraciones de nutrimentos y NB la mayor acumulación de biomasa, en campo NB obtuvo la mayor concentración de N (0.183%), NL de P (863.260 mg kg⁻¹), BL de K (1667.789 mg kg⁻¹) y BB la mayor acumulación de biomasa (0.762 g). El sustrato Pm-Cp, continuó con la tendencia de la mejor opción, ya que se encuentra en el punto medio entre los demás sustratos, en cuanto a concentración de nutrimentos (N, P y K) y acumulación de biomasa. De acuerdo a lo anterior las concentraciones nutrimentales disminuyeron en un periodo de 12 meses. Sánchez (2014), observó que las variables de crecimiento relativo en diámetro y altura en *P. greggii* Engelm, muestran diferencias significativas al analizarse los factores de color y diseño de envase negro y el incremento en diámetro en contenedores blancos fue superior al de contenedores negros. La supervivencia se vio diferenciada en alrededor de 28% con respecto al de menor y mayor valor, 12 tratamientos tuvieron por arriba de 90%, pero la mayor registrada fue de 100% que dieron como resultado los tratamientos BLP-EX y NBPC-C, con interacciones FE, BL, Pm y FC, NB, Pm-Cp, respectivamente, datos muy por encima del 40.28% en bosque templado reportado por UACH-CEC (2011). Los individuos tuvieron un comportamiento diferente en función de los resultados obtenidos morfológica y fisiológicamente en vi-

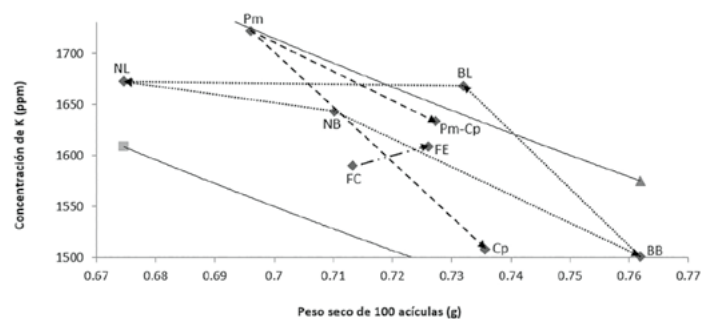


Figura 5. Nomograma de Timmer para potasio foliar en *Pinus greggii* Engelm. var. *australis* establecida en campo.

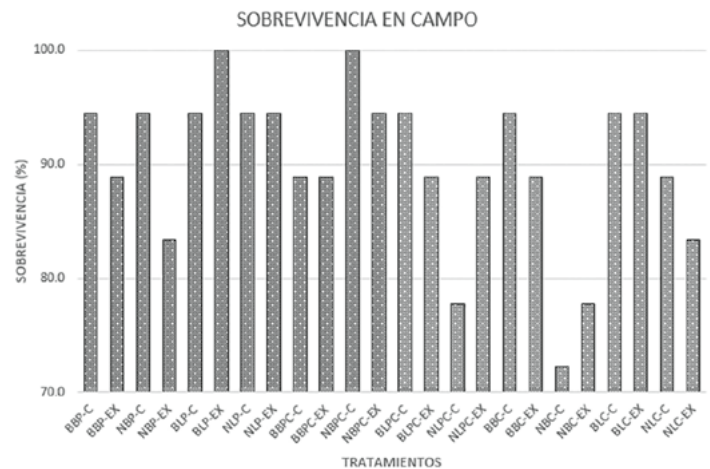


Figura 6. Medias sobrevivencia total en los diferentes tratamientos en *Pinus greggii* Engelm. var. *australis* establecida en campo.

vero. De acuerdo a López y Estañol (2007) los individuos que llevan altas concentraciones de nutrimentos llegan a incrementar de manera evidente su desarrollo a causa del efecto de dilución. Salifu y Timmer (2003) indican que la retraslocación de N y P podría ser particularmente relevante en especies establecidas en suelos pobres de nutrimentos. Los contenidos de nutrimentos no presentan diferencias estadísticas significativas a un año de su establecimiento. La única diferencia significativa se dio en la evaluación del factor envase evidentemente hubo buena respuesta a las cargas nutrimentales que llevaban los individuos establecidos en el área de campo. Salifu y Timmer (2003) registraron en un trasplante a campo de *Picea* sp., una compensación del efecto de baja fertilidad del suelo en el crecimiento de las plántulas cuando éstas tuvieron adecuadas reservas de nutrimentos.

CONCLUSIONES

a FE, el sustrato Pm-Cp y los envases NL y BB dieron como resultado las mayores concentraciones nutrimentales y pesos secos. BLP-E y NBC-C obtuvieron

las mayores medias para las variables morfológicas (D y H), con las combinaciones FE, BL y Pm, y FC, NB y Cp, respectivamente. La supervivencia respecto a la mayoría de los tratamientos, fue de más del 80%, resultado de los tres factores que interactuaron en la producción en vivero (tasa de adición nutrimental, tipo de envase y sus-trato). De manera general FE, BB y Pm-Cp produjeron plantas con mejores características en su desarrollo en campo (H, D e IE), aun cuando las diferencias no fueron significativas estadísticamente, a un año de establecidas en campo.

LITERATURA CITADA

- Aldana B.R., Aguilera R.M. 2003. Procedimientos y cálculos básicos, útiles en la operación de viveros que producen plantas en contenedor. CONAFOR. Programa Nacional de Reforestación. 45 p.
- Buendía V.M.V. 2016. Sustratos y tasas de adición nutrimental en vivero afectan la calidad de plántula y su desarrollo inicial en campo. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México. 55 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2009. Restauración de ecosistemas forestales. Guía básica para comunicadores. Primera edición. Zapopan, Jalisco, México. 63 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2004. Oaxaca es forestal, desarrollo en la diversidad. Gerencia Regional Pacífico Sur. Oaxaca, Oaxaca.
- Grupo Mesófilo A.C. 2013. Oaxaca, diagnóstico del sector forestal. Oaxaca, Oaxaca. 43 p.
- Haase D.L., Rose R. 1995. Vector analysis and its use for interpreting plant nutrient shifts in response to silvicultural treatments. *Forest Science*. 41 (1): 54-66.
- López L.M.A., Estañol B.E. 2007. Detección de deficiencias de hierro en *Pinus leiophylla* a partir de los efectos de dilución y concentración nutrimental. *Terra Latinoamericana*. 25(1): 9-15.
- López L., M.A., Alvarado J.L. 2010. Interpretación de nomogramas de análisis de vectores para diagnóstico nutrimental de especies forestales. *Madera y Bosques* 16(1):99-108.
- Miller B.D., Timmer V.R. 1994. Steady-state nutrition of *Pinus resinosa* seedlings: response to nutrient loading, irrigation and hardening regimes. *Tree Physiology* 14: 1327-1338.
- Salifu K.F., Timmer V.R. 2001. Nitrogen retranslocation response of *Picea mariana* seedling to nitrogen supply. *Soil Science Society of America Journal*. 65: 905-913.
- Salifu K.F., Timmer V.R. 2003. Optimizing nitrogen loading of *Picea mariana* seedlings during nursery culture. *Can J For Res* 33:1287-1294.
- Sánchez A.H. 2014. El diseño y color de contenedor afecta el desarrollo radical de tres especies de pino. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, estado de México. 76 p.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) y Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2008. Programa estratégico forestal del estado de Oaxaca (PEFO) 2007-2030. Oaxaca, Oaxaca. 253 p.
- Timmer V.R., Stone E.L. 1978. Comparative foliar analysis of young balsam fir fertilized with nitrogen, phosphorus, potassium and lime. *Soil Science Society and American Journal*, 42: 125-130.
- Timmer V.R., Aidelbaum A.S. 1996. Manual for exponential nutrient loading of seedlings to improve outplanting performance on competitive forest soils. *Nat. Res. Can., Canadian Forest Service-Sault Ste. Marie; Sault Ste., Marie, ON. NODA/NFP Technical Report TR-25*. 21 p.
- Universidad Autónoma Chapingo-Centro de Educación Continua. 2011. "Evaluación de apoyos de reforestación del PROCOREF 2009-2011". México Recuperado de: http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/programas/evaluaciones/2013/Documents/complementarias/Evaluacion_Complementaria_PROCOREF_S122.pdf

