

Artículo científico

Evaluación de sustratos y concentraciones de fertilizantes sobre el crecimiento de pino tadea (*Pinus taeda* L.) en vivero

Substrate and fertilizer concentration on loblolly pine (*Pinus taeda* L.) in nursery growth

C.V. Luna^{1,2*}

¹ Cátedra de Silvicultura, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Nordeste, Sargento Cabral 2131, (W3402BKG). Corrientes, Argentina. *E-mail: claudiaverluna@gmail.com; cluna@agr.unne.edu.ar

² Instituto de Botánica del Nordeste (IBONE), CONICET. Sargento Cabral 2131, (W3402BKG), Corrientes, Argentina.

Resumen

Dentro del género *Pinus*, *P. taeda* es la especie más plantada en la provincia de Corrientes, Argentina, por ser una de las más aptas para condiciones menos favorables. Esta especie provee al mercado nacional madera sólida de visibilidad internacional y rentabilidad sobre la inversión lo que permite un crecimiento sostenido. En este trabajo se determinó la influencia de diferentes sustratos y concentraciones de fertilizantes sobre el crecimiento de *P. taeda* en vivero utilizando un diseño experimental completamente aleatorizado en arreglo factorial (5 x 3), con tres repeticiones y ocho plantas por unidad experimental. Los sustratos utilizados fueron: corteza de pino compostada, perlita, arena y aserrín en diferentes proporciones; y distintas combinaciones entre ellos. Se aplicó fertilizante de liberación lenta (N:P:K 18:5:9) a razón de: 0, 1,5 y 3 kg/m³ sustrato. Se evaluaron: altura (H), diámetro a la altura del cuello (DAC), peso seco total y relación parte aérea/parte radicular. Se calcularon: cociente de esbeltez o coeficiente de robustez, índice de calidad de Dickson e índice de esbeltez de Schmidt-Vogt. Los resultados indican que la mezcla de sustrato compuesto por 50 % perlita + 50 % arena con la adición de un fertilizante de liberación lenta en una concentración de 1,5 kg/m³, brinda adecuado soporte físico para el crecimiento y desarrollo de las plantas de este pino.

Palabras clave: Producción de plantas; Contenedores; Fertilizante; Pinotea; Viveros forestales.

Abstract

Within the genus *Pinus*, *P. taeda* is the most planted species in Corrientes province, Argentina, as it is one of the most suitable for less favorable conditions. This species provides the national market with solid wood of international visibility and profitability on investment which allows sustained growth. This work determined the influence of different substrates and fertilizer concentrations on the growth of *P. taeda*, using a completely randomized experimental design in factorial arrangement (5 x 3), with three repetitions and eight plants per experimental unit. The substrates used were: composted pine bark, perlite, sand and sawdust in different proportions; and different combinations among them. Slow release fertilizer (N:P:K 18:5:9) was applied at a ratio of: 0, 1.5 and 3 kg/m³ substrate. The following variables were evaluated: height (H), diameter at neck height (DAC), total dry weight and aerial part/root part ratio. Slenderness ratio or robustness coefficient, Dickson quality index and Schmidt-Vogt slenderness index were calculated. The results indicate that the substrate mixture composed of 50 % perlite + 50 % sand with the addition of a slow release fertilizer in a concentration of 1.5 kg/m³, provides adequate physical support for the growth and development of pine plants.

Keywords: Plants production; Containers; Fertilizer; Pinotea; Forest nurseries.

Introducción

Pinus taeda L. es originario del sudeste de Estados Unidos, desde el este de Texas y centro de Florida hasta el sur de Nueva Jersey, entre los 28 y 39° de latitud norte (Hampel, 2005). Fue introducido en Argentina a finales de 1940 y en la actualidad se cultiva en la región litoral, desde la provincia de Buenos Aires hasta Misiones (Di Marco, 2014).

Algunas procedencias de *P. taeda*, como Marión y Livingston, son utilizados en la Mesopotamia por su productividad (Pezzutti *et al.*, 2017).

Actualmente, las empresas forestales que utilizan *P. taeda* a escala comercial producen sus propios plantines que pueden ser en su mayoría provenientes de semillas o bien en algunos casos con mayor disponibilidad de tecnologías, incluso de estacas (Schenone *et al.*, 2016). La producción

Recibido 25/04/2019; Aceptado 27/06/2019.

El autor declara no tener conflicto de intereses.

de planta en vivero es el proceso por el cual se le da a la semilla los cuidados y tratamientos necesarios para su buena germinación y para que la planta crezca adecuadamente, con la finalidad de que se logren altas tasas de sobrevivencia y se favorezca su desarrollo al plantarla en campo (Muñoz Flores *et al.*, 2014). Diversos factores influyen en la producción de plantines de calidad, como ser la calidad de las semillas y el método de cultivo (sustrato, envase, riego, localización del cultivo, etc.) (Pérez y Rodríguez, 2016); pero a su vez uno de los más determinantes para la calidad del material vegetal en vivero, es la nutrición (Hartmann *et al.*, 2011); por ello la fertilización es la práctica de manejo más importante utilizada en la producción intensiva de plantas para modificar positivamente la aptitud y el crecimiento de los plantines (Buamscha *et al.*, 2012).

Si bien algunos especialistas en viveros consideran que la fertilización temprana no es necesaria en el caso de coníferas, debido a que el endospermo o el gametofito femenino contiene nutrientes suficientes para el establecimiento y el crecimiento inicial, la implementación de esta práctica en ciertos casos podría afectar el desarrollo inicial de las raíces de las plántulas, además de mejorar el enraizamiento después del trasplante y su capacidad de crecimiento y de aumentar la resistencia a distintos estreses bióticos y abióticos (Oliet *et al.*, 2005).

Existen indicadores que permiten determinar la calidad de manera fácil la calidad morfológica de la planta en producción intensiva de especies forestales por sus características morfológicas y fisiológicas (Grossnickle, 2012) como ser la altura, diámetro del cuello de la raíz y el peso seco total. Estas variables, correlacionadas a través de índices, describen las principales características que tiene la planta producida en cada vivero (Orozco Gutiérrez *et al.*, 2011).

El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la combinación de diferentes sustratos y la fertilización con diferentes dosis de fertilizante a base de N-P-K, sobre índices morfológicos y parámetros de calidad en la producción de plantas de *Pinus taeda*.

Materiales y métodos

Material vegetal

El trabajo se realizó con semillas de *P. taeda* L.

cedidas por Forestal Bosques del Plata S.A.; con una pureza del 99,6 % y una carga germinativa de 90,5 %. El ensayo se llevó a cabo en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina (27° 27' 41''S; 58° 48' 59''W).

La siembra se efectuó en febrero de 2016 en contenedores de plástico rígido (13 cm de altura y 160 cm³ de volumen) con distintos sustratos (Tabla 1). Las semillas fueron escarificadas en frío durante 60 días. Al momento de la siembra, se aplicaron tres concentraciones diferentes del fertilizante Osmocote® (N:P:K 18:5:9, 180 días de liberación) las mismas fueron seleccionadas y adaptadas a partir de las utilizadas por Oliet *et al.* (1999) y Oliet Palá *et al.* (2000) para *Pinus halepensis* Mill.; siendo de 0, 1,5 y 3 kg/m³ de sustrato.

Tabla 1. Mezclas de los distintos sustratos y dosis de fertilizante ensayados.

Tratamientos	Sustrato	Dosis fertilizante (kg/m ³)
T1	100 % CPC	0
T2	100 % CPC	1,5
T3	100 % CPC	3
T4	50 % CPC + 50 % P	0
T5	50 % CPC + 50 % P	1,5
T6	50 % CPC + 50 % P	3
T7	50 % CPC + 25 % P + 25 % A	0
T8	50 % CPC + 25 % P + 25 % A	1,5
T9	50 % CPC + 25 % P + 25 % A	3
T10	50 % P + 50 % A	0
T11	50 % P + 50 % A	1,5
T12	50 % P + 50 % A	3
T13	50 % P + 25 % A + 25 % As	0
T14	50 % P + 25 % A + 25 % As	1,5
T15	50 % P + 25 % A + 25 % As	3

CPC: corteza de pino compostada; P: perlita; A: arena; As: aserrín.

El cultivo se realizó en condiciones de invernáculo, provisto de termómetro y psicrómetro para el registro de humedad relativa. La radiación PAR dentro del mismo fue medida a las 12 h durante todo el ensayo y mediante un sensor cuántico LI-190R, registrándose valores de 1.600 a 1.800 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. El riego fue manual con regadera y se determinó su necesidad mediante lecturas de tensiómetro IRRMETER-Modelo R, tomando como referencia los valores de 30 a 60 Cb para realizarlo. La calidad de agua empleada se corresponde a C2S1 según las normas Riverside (Richards, 1980). Las bandejas se mantuvieron en mesas de cultivo sobreelevadas con fondo de rejilla para facilitar la poda aérea de raíces.

Las temperaturas medias mensuales para los 180 días de evaluación fueron de 28°C (febrero), 23°C (marzo), 26°C (abril), 16°C (mayo), 11°C (junio) y 10°C (julio); mientras que la humedad relativa osciló entre el 50 y 80 %.

Los sustratos utilizados fueron dos químicamente inertes como lo son perlita (P) y arena (A); y dos químicamente activos (ligno-celulósicos) como la corteza de pino compostada (CPC- pH: 4,32 y conductividad eléctrica: 0,17 dS/m) y el aserrín de pino (As- pH: 7,1 y conductividad eléctrica: 1,43 dS/m).

En todos los casos se micorrizó con un inoculante comercial (LAJ, SENASA N° 20.358) compuesto por cultivos puros de *Scleroderma vulgare*, *Rhizopogon luteolus*, *Pisolithus tinctorius*, *Boletus edulis* y *Boletus (Suillus) luteus*. El mismo fue aplicado en el agua de riego a razón de 0,01 ml/maceta.

Medición de calidad morfológica de las plantas

Se registraron la altura del tallo (H), medida como la distancia desde el cuello de la raíz a la punta de la yema terminal (en cm) y el diámetro a la altura de cuello (DAC) a los 180 días posteriores a la siembra (en mm). Luego se determinó el peso seco de la raíz y de la parte aérea.

Con los datos obtenidos se calcularon la relación parte aérea/parte radical a partir de los pesos secos de la parte aérea y radical y la relación longitud parte aérea/parte radical.

Índices

Cociente de esbeltez o coeficiente de robustez (CE). Este índice es un indicador de la densidad de cultivo y se estima como la relación entre H y DAC, siendo. Es un parámetro importante en las plantas en contenedor, donde se pueden desarrollar plantas ahiladas.

$$CE = \frac{H \text{ (cm)}}{DAC \text{ (mm)}} \frac{H \text{ (cm)}}{DAC \text{ (mm)}}$$

Índice de calidad de Dickson (ICD). Este índice se calcula mediante la relación entre el peso seco total de la planta y la suma de CE y la relación parte aérea (PA)/parte radical (PR). Se ha empleado con éxito para predecir el comportamiento en campo de varias especies de coníferas (Dickson *et al.*, 1960)

$$ICD = \frac{\text{Peso seco total de la planta (g)}}{CE + PA/PR}$$

Índice de esbeltez de Schmidt-Vogt (IE). Relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética. Es recomendable que los valores sean bajos, lo que indica una planta más robusta y con menor probabilidad de daño físico por la acción del viento, sequía o heladas en el sitio de plantación (Thompson, 1985)

$$IE = \frac{DAC \text{ (mm)} \cdot DAC \text{ (mm)}}{\frac{H \text{ (cm)}}{10} + 2} \frac{H \text{ (cm)}}{\frac{H \text{ (cm)}}{10} + 2}$$

Diseño experimental y análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron por medio del paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016); de acuerdo con un diseño experimental completamente al azar en un arreglo factorial 5 x 3, con tres repeticiones y ocho plantas por unidad experimental. Los datos se sometieron a análisis de varianza y a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significación del 5 %.

Resultados

En cuanto a los atributos morfológicos analizados y la biomasa producida, tanto la altura de la planta como la longitud radical y los pesos secos de la parte aérea y radical presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 2). La combinación de corteza de pino compostada, perlita y arena, con la mayor dosis de nutrientes (T9) afectó en forma negativa la longitud radical y el peso seco total de planta ($7,78 \pm 0,32$ cm y $0,077 \pm 0,013$ g, respectivamente) expresando los menores valores del ensayo (Tabla 2; Fig. 1A). El tratamiento donde las plantas expresaron mayor altura fue T11 con $18,79 \pm 1,29$ cm (Fig. 1B); aunque no mostró diferencias significativas con los demás tratamientos (Tabla 2). En cuanto al diámetro a la altura de cuello, ningún tratamiento arrojó diferencias significativas con respecto a los demás (Tabla 2). Con respecto al peso total de la planta (PST), el T11 se destacó no sólo por mostrar el mayor valor en esta variable ($0,22 \pm 0,044$ g) sino también mayor peso seco aéreo (PSA) (Tabla 2).

Las diferencias entre tratamientos también se manifestaron en los diferentes índices estimados (Tabla 3). Para la relación tallo/raíz (PA/PR), los que menores valores expresaron fueron los sustratos compuestos por corteza de pino compostada y perlita independientemente de la presencia o no

Tabla 2. Atributos morfológicos y peso seco total en *Pinus taeda*.

T	H (cm)	DAC (mm)	LR (cm)	PSA (g)	PSR (g)	PST (g)
1	12,04 ± 1,12 a	1,99 ± 0,58	11,23 ± 0,36 ab	0,1 ± 0,01 a	0,013 ± 0,003 a	0,113 ± 0,012 abcd
2	13,99 ± 1,46 a	1,99 ± 0,58	12,04 ± 1,02 ab	0,16 ± 0,02 ab	0,015 ± 0,001 ab	0,175 ± 0,022 bcde
3	10,87 ± 0,64 a	1,99 ± 0,58	10,8 ± 1,17 ab	0,12 ± 0,01 a	0,013 ± 0,001 a	0,133 ± 0,009 abcd
4	11,31 ± 0,38 a	1,99 ± 0,58	11,85 ± 0,79 ab	0,13 ± 0,02 a	0,015 ± 0,006 ab	0,145 ± 0,031 abcde
5	12,61 ± 0,68 a	1,99 ± 0,58	11,58 ± 0,85 ab	0,15 ± 0,01 ab	0,015 ± 0,002 ab	0,165 ± 0,012 abcde
6	11,92 ± 1,06 a	1,5 ± 0,01	12,61 ± 0,36 ab	0,12 ± 0,01 a	0,015 ± 0,006 ab	0,135 ± 0,018 abcde
7	10,5 ± 1,2 a	1,99 ± 0,58	9,94 ± 0,38 ab	0,12 ± 0,03 a	0,015 ± 0,004 ab	0,135 ± 0,032 abcde
8	14,49 ± 1,09 ab	1,99 ± 0,58	9,69 ± 0,68 ab	0,13 ± 0,01 a	0,013 ± 0,003 a	0,143 ± 0,01 abcde
9	10,18 ± 0,39 a	1,5 ± 0,01	7,78 ± 0,32 a	0,07 ± 0,01 a	0,007 ± 0,001 a	0,077 ± 0,013 a
10	12,7 ± 0,41 a	1,5 ± 0,01	10,11 ± 0,71 ab	0,08 ± 0,004 a	0,015 ± 0,001 ab	0,095 ± 0,003 abc
11	18,79 ± 1,29 ab	1,5 ± 0,01	10,62 ± 1,79 ab	0,19 ± 0,04 cde	0,03 ± 0,006 b	0,22 ± 0,044 e
12	15,59 ± 0,97 ab	1,5 ± 0,01	9,34 ± 0,66 ab	0,15 ± 0,02 ab	0,045 ± 0,01 b	0,195 ± 0,038 cde
13	13,93 ± 0,85 a	1,5 ± 0	11,67 ± 0,56 ab	0,09 ± 0,01 a	0,015 ± 0,004 ab	0,105 ± 0,017 abcd
14	14,55 ± 1,41 ab	1,75 ± 0,29	10,08 ± ab	0,16 ± 0,03 ab	0,03 ± 0,01 b	0,19 ± 0,037 cde
15	15,06 ± 0,26 ab	1,5 ± 0	9,24 ± 0,93 ab	0,18 ± 0,02 ab	0,02 ± 0,005 ab	0,2 ± 0,021 de

T: tratamientos, H: altura de planta, DAC: diámetro a la altura de cuello, LR: longitud radical, PSA: peso seco aéreo, PSR: peso seco radical, PST: peso seco total. Se presentan las medias ± error estándar. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey. Columnas sin letra corresponden a análisis de la varianza no significativo.

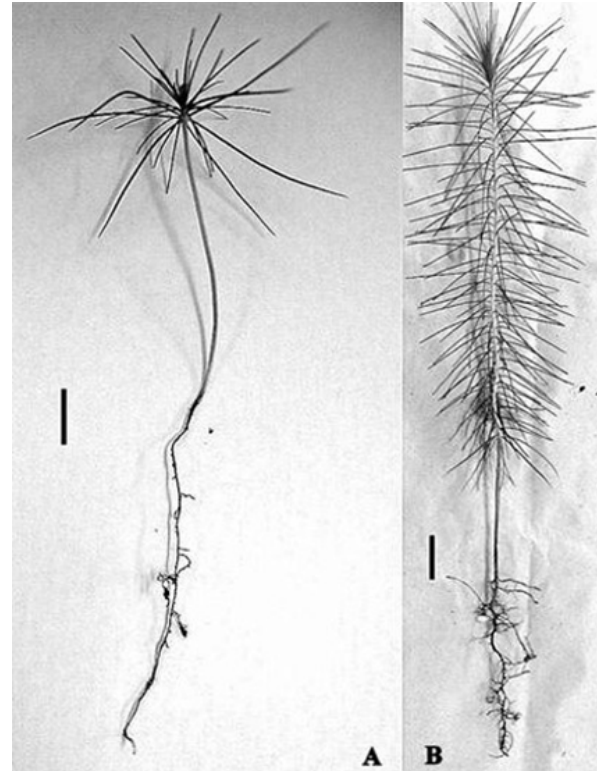


Figura 1. Plantas de *Pinus taeda* obtenidas en los tratamientos T9 compuesto por 50 % CPC + 25 % P + 25 % A, 3 kg/m³ de fertilizante (A) y T11 compuesto por 50 % P + 50 % A y 1,5 kg/m³ (B). La barra vertical indica 1 cm.

de fertilizante (T4 y T6) (Tabla 3). Sin embargo no presentaron diferencias estadísticas con la mayoría de los otros tratamientos. En cuanto a relación peso seco parte aérea/parte radical (PSA/PSR), el análisis también mostró que existen diferencias significativas entre los tratamientos. El sustrato que obtuvo menor valor fue la combinación perlita y arena con la mayor dosis de fertilizante (T12 con $3,12 \pm 1,55$) (Tabla 3), aunque se diferenció estadísticamente solo del T2 y T8. El análisis del cociente de esbeltez mostró que la mayoría de los tratamientos se mantuvieron en el rango sugerido para *P. taeda* por Carneiro (1976) entre 5,4 y 8,1; excepto los tratamientos del T11 al T15 ($12,54 \pm 1,30$; $10,65 \pm 0,98$; $9,21 \pm 0,85$; $10,11 \pm 2,77$ y $0,83 \pm 1,84$ respectivamente) que expresaron valores superiores, aunque no mostraron diferencias significativas entre ellos (Tabla 3). Todos los tratamientos que incluían en su composición corteza de pino compostada mostraron diferencias significativas con el resto de las combinaciones. Los índices de esbeltez de Schmidt-Vogt y de calidad de Dickson no mostraron diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3). Para este último índice, los valores obtenidos estuvieron muy por debajo del valor de referencia (valor mínimo de

Tabla 3. Índices morfológicos en *Pinus taeda*.

T	PA/PR	PSA/PSR	CE	IE	IDC
1	1,07 ± 0,15 ab	8,11 ± 2,54 abcd	6,52 ± 1,81 a	0,47 ± 0,187	0,005 ± 0,002
2	1,16 ± 0,13 abc	9,01 ± 1,47 bcd	7,50 ± 1,75 a	0,45 ± 0,170	0,007 ± 0,001
3	1,00 ± 0,21 ab	8,25 ± 1,00 abcd	6,42 ± 2,48 a	0,48 ± 0,216	0,006 ± 0,0008
4	0,95 ± 0,06 a	6,22 ± 0,89 ab	6,23 ± 2,00 a	0,48 ± 0,203	0,009 ± 0,001
5	1,08 ± 0,16 abc	7,76 ± 1,34 abcd	6,96 ± 2,32 a	0,46 ± 0,197	0,008 ± 0,002
6	0,94 ± 0,09 a	6,12 ± 1,73 ab	7,96 ± 1,06 a	0,35 ± 0,014	0,007 ± 0,001
7	1,05 ± 0,13 ab	8,51 ± 1,62 abcd	5,75 ± 2,07 a	0,49 ± 0,204	0,006 ± 0,003
8	1,49 ± 0,08 abcd	10,10 ± 2,80 bcd	8,21 ± 3,40 a	0,44 ± 0,210	0,005 ± 0,0005
9	1,30 ± 0,11 abc	8,62 ± 1,21 abcd	6,80 ± 0,39 a	0,37 ± 0,005	0,003 ± 0,0009
10	1,25 ± 0,08 abc	6,18 ± 1,41 ab	8,47 ± 0,41 ab	0,35 ± 0,005	0,004 ± 0,0004
11	1,87 ± 0,31 abcd	4,72 ± 0,52 ab	12,50 ± 1,3 ab	0,30 ± 0,012	0,009 ± 0,001
12	1,70 ± 0,14 abcd	3,12 ± 1,55 a	10,70 ± 0,98 ab	0,32 ± 0,010	0,010 ± 0,003
13	1,19 ± 0,03 abc	4,70 ± 0,78 ab	9,21 ± 0,85 ab	0,34 ± 0,010	0,005 ± 0,001
14	1,68 ± 0,09 abcd	5,11 ± 1,27 ab	10,10 ± 2,77 ab	0,37 ± 0,097	0,008 ± 0,002
15	1,75 ± 0,30 abcd	7,09 ± 1,68 abc	10,80 ± 1,84 ab	0,32 ± 0,020	0,007 ± 0,0009

T: tratamientos; PA/PR: relación altura planta y longitud radical; PSA/PSR: relación peso seco aéreo y radical; CE: coeficiente de esbeltez; IE: índice de esbeltez de Schmidt-Vogt; IDC: índice de calidad de Dickson. Valores bajos de CE indican mejor calidad; valores cercanos a la unidad de IE indican mejor calidad. Se presentan las medias ± error estándar. Letras diferentes en una misma columna indican diferencias estadísticas significativas ($p < 0,05$) según la prueba de Tukey. Columnas sin letra corresponden a análisis de la varianza no significativo.

0,20 para coníferas). La incorporación de aserrín a la mezcla como un sustrato alternativo de amplia disponibilidad, bajo costo y poco utilizado con estos fines en la zona, no mostró ningún efecto significativo en la mayoría de los índices y/o coeficientes evaluados. Las dosis de fertilización ensayadas no afectaron significativamente las variables evaluadas.

Discusión

La provincia de Corrientes es la de mayor importancia en cuanto a superficie forestada de Argentina. Entre las especies que se destacan está *P. taeda*; despertando el mayor interés debido a sus crecimientos anuales de 25-32 m³/ha/año con turnos de corta que van entre los 20 y 25 años (Pezzutti *et al.*, 2017). El desarrollo de la actividad forestal está acompañado por una constante innovación tecnológica vinculada al material de propagación y a las técnicas de cultivo (Bessonart y Zabala, 2013), indicando la necesidad de contar con información al respecto.

Atributos morfológicos como la altura, permiten describir la arquitectura hidráulica de la planta y pueden ayudar a definir cuál es la más apropiada para cada especie y estación (Grossnickle, 2012). Esta variable está correlacionada con el número de acículas (agujas) en el tallo y es, por lo tanto, un buen estimador de la capacidad fotosintética y área de transpiración (Ritchie *et al.*, 2008). Balocchi *et al.* (1993) encontraron que la heredabilidad estimada para la altura en *P. taeda* aumentó ini-

cialmente al establecerse los individuos y después disminuyó gradualmente con la edad de la plantación. Viveros-Viveros *et al.* (2005) por su parte, han determinado que existe una correlación genética muy elevada en cuanto a heredabilidad de la altura de la planta entre los dos meses y los seis meses de edad en vivero para *P. oocarpa* donde los caracteres como altura o diámetro basal de planta pueden ser útiles en la selección temprana de progenitores promisorios como lo propone Farfán *et al.* (2002) para *P. ayacahuite*. Esto es particularmente cierto si se considera que la altura puede ser un carácter determinante para la selección temprana de individuos con valor económico expresado a una edad temprana. Este atributo también influye en su capacidad fotosintética. Las plantas pequeñas tienen poca superficie para realizar fotosíntesis, lo que ocasiona que tengan menor crecimiento, mientras que las plantas grandes tienen mayor superficie fotosintética y, en teoría, su crecimiento es mayor. Sin embargo, la tasa de transpiración es alta y en condiciones de sequía tienen mayor riesgo de morir. Para evitar lo antes mencionado, es preferible considerar que la planta seleccionada en vivero tenga la altura que le permita competir y desarrollarse en campo (Prieto *et al.*, 2009).

Uno de los mejores rasgos que permiten predecir el desempeño en campo es el diámetro del tallo y, por lo tanto, de la calidad de la planta; esta información es usada para desarrollar estándares de calidad. Estos estándares varían con las condiciones de manejo, por lo cual deben ser desarrollados para cada especie (Ritchie *et al.*, 2008). Es-

tudios realizados en diferentes especies del género *Pinus* han demostrado que el diámetro a la altura del cuello influye en la supervivencia durante los primeros meses de establecimiento (South *et al.*, 2005; Dumroese *et al.*, 2009; Kabrick *et al.*, 2011; Grossnickle, 2012; Tsakalidimi *et al.*, 2013) ya que está directamente relacionada con las reservas de carbohidratos no estructurales y con el desarrollo de las raíces (Guehl *et al.*, 1993; Mason, 2001). Así, las plantas que posean diámetros menores es posible que demuestren un pobre desempeño en campo, en comparación con aquellas de mayor diámetro y con un buen manejo durante la plantación (Mason, 2001).

Sáenz *et al.* (2010), sostiene que existe una alta correlación entre el peso (biomasa aérea y radical) de la planta con la supervivencia a campo, de la misma manera que con el diámetro del tallo o cuello de raíz. Cobas López *et al.* (2016), entre otros, han estudiado al peso seco como indicador efectivo cuando se relaciona el peso de la parte aérea con el peso del sistema radical, estando también el diámetro correlacionado con estos pesos.

La relación PA/PR determina el balance entre la superficie transpirante y la superficie absorbente de la planta. Si bien hubo diferencias significativas entre tratamientos, la mayoría de estos cumplieron con el índice o razón sugerido cercano a 1 (Quiroz Marchant *et al.*, 2009). Cuando la relación es 1, el tamaño de la masa radical es igual al tamaño de la masa del tallo. Sin embargo, comúnmente la relación es mayor a 1, dado que el tamaño del tallo con frecuencia supera al sistema radical. Un índice de relación menor a 2,5 es el valor comúnmente considerado como el más deseable (Ritchie *et al.*, 2008).

Cuanto más grandes son los plantines, menos favorable es la relación raíz/parte aérea (Buamscha *et al.*, 2012). A nivel fisiológico, una alta relación raíz/tallo puede dar lugar a relaciones más favorables en la absorción del agua, es decir menor necesidad en sus requerimientos de absorción, y tasas de crecimiento mayores (Close *et al.*, 2010). Por otro lado, mayor biomasa total puede resultar en mayores reservas de carbohidratos totales disponibles para la re-movilización para el rápido crecimiento poco después de la plantación (Quiroz *et al.*, 2011).

En general, la mayoría de los sustratos ensayados presentaron valores muy por encima de lo sugerido para la especie. May (1985) consideró que la relación PSA/PSR es importante cuando la

plántula se establece en sitios pobres en calidad; los valores que se manejan para estas situaciones rondan un cociente óptimo de 0,4 a 0,45 para *P. taeda*; mientras que para otras especies como *P. engelmannii* y *P. durangensis* está alrededor de 0,7. Esto indica un mayor crecimiento de la parte aérea con respecto a la radical. Thompson (1985), por su parte, recomendó que el cociente no sea mayor a 2,5 sobre todo para plantaciones en sitios con problemas de disponibilidad de agua. Cano (1998) reporta un cociente de 3,5 con valores de supervivencia en campo mayores a 70 % para *P. greggii*. Gil y Pardos (1997) propusieron un valor de la relación menor de 2 para *P. halepensis*.

Los menores valores en la relación PSA/PSR, indican una mayor adaptación a las condiciones de escasez de agua en el lugar definitivo de plantación. Este parámetro puede ser de gran importancia cuando la plantación tiene lugar en estaciones difíciles, donde el factor más influyente sobre la supervivencia del primer año es una estación seca larga y cálida (Birchler *et al.*, 1998). Sin embargo, González (1993) afirmó que las plantas con PSA/PSR más alta sobrevivirán mejor por lograr una mayor supervivencia en el sitio de plantación.

Para el CE, Carneiro (1976) sugirió para *P. taeda* valores que varíen de 5,4 a 8,1 como los ideales. Este índice es un indicador de la densidad de cultivo y por lo tanto es un parámetro importante en las plantas producidas en contenedor, donde se pueden desarrollar plantas ahiladas (Thompson, 1985). Este índice, también conocido como de índice de robustez, refleja en cierta medida la capacidad de la planta para tolerar daños físicos y ofrece una buena medida de la calidad, tanto en plantas a raíz desnuda como en contenedores; con valores recomendables menores a 6. En *P. halepensis* este cociente se encuentra entre 1,5 y 2,2 mientras que para *P. greggii*, Cano (1998) reportó índices de esbeltez de 6,3 con supervivencias de 70% en campo.

Los plantines con bajo CE muestran alta supervivencia y buen crecimiento cualquiera sea el ambiente de plantación. Sin embargo, los plantines con coeficientes altos muestran supervivencia variable y un pobre crecimiento en ambientes rigurosos (Buamscha *et al.*, 2012).

En el ensayo se observó que todos los tratamientos que incluían en su composición corteza de pino compostada mostraron diferencias significativas con el resto de las combinaciones.

Los valores de IE en general son similares a los

reportados para otras especies del género *Pinus* como ser para *P. halepensis* valores promedios de 0,69 (San Gil Castro, 2014) y para *P. ponderosa* entre 0,29 y 2,28 (Olivo y Buduba, 2006). Este índice relaciona la resistencia de la planta con la capacidad fotosintética de la misma. Los valores recomendados deben ser altos, y serán indicativos de una planta más robusta y con menos probabilidad de daño de algún tipo en el trasplante; pero todo depende de la especie de que se trate. García (2007) consideró que el valor de esbeltez no debe ser mayor a 6. Por su parte, Hunt (1990) mencionó que la esbeltez debe ser menor o igual a 8 para plantas que se encuentran en una condición de equilibrio entre la altura y diámetro. Para algunas latifoliadas como *Prosopis* se manejan valores entre 0,58 y 0,70 (Díaz *et al.*, 2010) y en *Eucalyptus* valores por debajo de 2 (Salleses *et al.*, 2015).

Correa Gutiérrez (2011) analiza la dificultad que existe de comparar todos estos parámetros e índices, pudiendo dificultar la valoración objetiva de la calidad de una plántula. Esto va unido al hecho de que normalmente en los semilleros comerciales, la valoración de la calidad de la plántula se basa en criterios altamente subjetivos como ser el aspecto visual que presenta la misma, ya sea en cuanto a tamaño, síntomas de carencias, daños físicos o biológicos.

Con respecto al ICD, Thompson (1985) sugirió que en ensayos realizados en coníferas, este índice diferencia satisfactoriamente la potencial supervivencia de plantas de diferentes tamaños y edades. Expresa el equilibrio de la distribución de la masa y la robustez, evitando seleccionar plantas desproporcionadas y descartar plantas de menor altura, pero con mayor vigor (Dickson *et al.*, 1960). Hunt (1990) recomendó para coníferas como valor mínimo de 0,20, sugiriendo que por debajo de este valor podría significar problemas en el establecimiento de una plantación. Cano (1998), por su parte, mencionó que este índice como tal no se ajusta como buen indicador de la supervivencia en campo, al menos para *P. greggii*, por lo que debe considerárselo con reserva cuando quiera utilizárselo con tal objetivo. De cualquier manera, en este trabajo, resultó ser menos sensible a los tratamientos en comparación con los demás índices de calidad de planta evaluados, aun cuando los valores estuvieron muy por debajo del valor de referencia. Esto podría deberse a que las plantas fueron cosechadas muy pequeñas.

En la producción de plantines forestales, existe

una gran variabilidad de formulaciones de sustratos; que dependen muchas veces de los materiales disponibles localmente. La corteza de pino compostada que se maneja en la Mesopotamia Argentina básicamente proviene de *P. elliotii* y/o *P. taeda* ya que es el material de mayor accesibilidad en la región. Existen estudios que recomiendan la mezcla de corteza de pino compostada, perlita y vermiculita para mayores valores de porosidad total y porosidad de aireación, mientras que un sustrato de corteza de pino compostada y tierra brinda mayor retención de agua (Salto *et al.*, 2016); lo que posibilitaría una mejor calidad de plantines producidos.

Schenone *et al.* (2016) obtuvieron resultados similares a los obtenidos en este trabajo al comparar plantas de semillas producidas en contenedores con corteza de pino compostada como sustrato único y fertilizadas con un producto similar al utilizado en este estudio en comparación con *cuttings* producidos en un sistema hidropónico. En ambos casos, el desempeño a campo resultó similar.

Con respecto al aserrín utilizado como sustrato, existen reportes con buenos resultados en la producción de plantas de diferentes especies de coníferas (Mateo, 2002; Maldonado-Benítez *et al.*, 2011; Hernández-Zarate *et al.* 2014). El uso de residuos orgánicos derivados de las actividades agropecuarias y forestales ha tomado auge para la producción de plantas dado que es una alternativa viable para la producción intensiva de plantas, sobre todo por el bajo costo con respecto a otros sustratos comerciales (Hernández-Zarate *et al.*, 2014). Una característica del aserrín es que puede favorecer la absorción de nutrientes en las plantas, pero también puede presentar problemas de exceso de humedad por su partícula fina. Es por ello que se recomienda mezclar con otros materiales de partículas más gruesas (Greß y Gerding, 1995).

La aplicación de fertilizantes es una práctica común en los viveros. Los nutrientes que se adicionan al sustrato determinan el crecimiento de la planta en la fase de vivero y campo. En ambas fases, variables como altura, diámetro y biomasa son afectadas según la combinación de nutrientes esenciales. La principal y más clara ventaja de los fertilizantes de liberación lenta es su habilidad de suministrar nutrientes a las plantas por períodos de tiempo prolongado con sólo una aplicación. Debido a su lenta descarga las posibilidades de daños a las plantas asociadas a niveles de toxicidad se reducen y la eficiencia en el uso de los fertilizantes

mejora notablemente. Otra ventaja es la clara disminución en los niveles de pérdidas de nutrientes por lixiviación (Rose *et al.*, 2004).

Los fertilizantes más utilizados en la viverización de distintas especies de *Pinus* son Multicote® (18N-6P-12K+2Mg) (Bernaola Paucar *et al.*, 2015; Aguilera Rodríguez *et al.*, 2016 a,b; González Orozco *et al.*, 2018), Osmocote® (18N-5P-9K) (Oliet *et al.*, 1999; Oliet Palá *et al.*, 2000; Díaz *et al.*, 2004; Oliet *et al.* 2004;), Osmocote Plus® (15N-9P-12K) (Jacobs *et al.*, 2003; Aguilera Rodríguez *et al.*, 2016 a,b; Castro-Garibay *et al.*, 2018), Basacote® Plus (16N-8P-12K) (Aguilera Rodríguez *et al.*, 2016 b; Terán Soto, 2018) y Plantacote Plus® (14N-9P-15K) (Otero Nalban *et al.*, 2017; Terán Soto, 2018). Todas estas formulaciones tienen en común la combinación de N:P:K en diferentes proporciones, aunque algunos de ellos se encuentran enriquecidos con Mg por ejemplo.

La eficiencia relativa del uso del nitrógeno en la fotosíntesis depende directamente de la disponibilidad del fósforo, induciendo en conjunto un incremento en el crecimiento de la planta (Hernández y Rubilar, 2012). Rowe *et al.* (2002) verificaron que la fertilización con nitrógeno en setos de *P. taeda* aumentó los niveles de carbohidratos, mejorando la producción de brotes y enraizamiento adventicio.

Asimismo, estudios de fertilización muestran un incremento en el crecimiento, en respuesta al aumento de las concentraciones de nitrógeno en plántulas de *P. elliotti* (Comerford y Fisher, 1984). Muchos estándares nutricionales publicados en la literatura han sido desarrollados para diversas especies (Monsalve *et al.*, 2009) producidas a través de semillas en viveros forestales, y enfocados en optimizar el crecimiento en altura y diámetro.

Conclusiones

Actualmente se tiende a utilizar mezclas de varios componentes para la producción de plantines forestales; muchas de ellos son alternativas a los que frecuentemente se utilizan como la corteza de pino compostada, que pueden ser turba, arena, perlita y vermiculita, entre otros. Las mezclas de estos diferentes componentes en diversas proporciones hacen posible conseguir características físico-químicas del sustrato adaptadas específicamente para la producción de una especie en particular.

Por ello, al evaluar el efecto del sustrato y las di-

ferentes dosis de fertilizante, sobre la calidad morfológica de las plantas de *P. taeda* producidas en vivero se pudo observar que la mezcla de sustrato compuesto por 50 % perlita + 50 % arena con la adición de un fertilizante de liberación lenta cuya relación nutricional es de N:P:K 18:5:9; en una dosis de 1,5 kg/m³, brinda un adecuado soporte físico para el crecimiento y desarrollo de las plantas de *P. taeda*. Por su parte, la presencia de corteza de pino compostado en el sustrato disminuyó los valores de relación peso tallo/peso raíz y el coeficiente de robustez sugiriendo alta supervivencia y buen crecimiento del plantín cualquiera sea el ambiente de plantación.

Los resultados de esta investigación pueden resultar de utilidad para la zona de producción de plantines forestales ya que no se dispone de información para la correcta formulación de sustratos, ni para la adopción de las prácticas de manejo de vivero más adecuadas.

Referencias bibliográficas

- Aguilera Rodríguez M., Aldrete A., Martínez Trinidad T., Ordaz Chaparro V. (2016 a). Producción de *Pinus pseudostrobus* Lindl. con sustratos de aserrín y fertilizantes de liberación controlada. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7 (34): 7-20.
- Aguilera Rodríguez M., Aldrete A., Martínez Trinidad T., Ordaz Chaparro V. (2016 b). Producción de *Pinus montezumae* Lamb. con diferentes sustratos y fertilizantes de liberación controlada. Agrociencia 50: 107-118.
- Balocchi C.E., Bridgwater F.E., Zobel B.J., Janromi S. (1993). Age trends in genetic parameters for tree height in a non-selected population of loblolly pine. Forest Science 39 (2): 231-249.
- Bernaola Paucar R., Zamora Natera J., Vargas Radillo J., Cetina Alcalá V., Rodríguez Macías V., Salcedo Pérez E. (2015). Calidad de planta en etapa de vivero de dos especies de pino en sistema Doble-Trasplante. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7 (33): 74-93.
- Bessonart S., Zabala J.P. (2013). Articulando el fortalecimiento de toda la cadena forestal. Producción Forestal 3 (6): 10-11.
- Birchler T., Rose R.W., Arroyo A., Pardos M. (1998). La Planta Ideal: revisión del concepto, parámetros definitorios e implementación práctica. Investigación agraria. Sistemas y recursos forestales 7 (1-2): 109-121.
- Buamscha M.G., Contardi L., Dumroese R., Enricci J., Escobar R., Gonda H., Jacobs D., Landis T., Luna T., Mexal J., Wilkinson K. (2012). Producción de plantas en viveros forestales. Ed. Consejo Federal de

- Inversiones (CFI). Argentina.
- Cano P. (1998). Tamaño y calidad de planta de *Pinus greggii* Engelm. en dos sistemas de producción en vivero. Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.
- Carneiro J.G.A. (1976). Determinacao do padrao de qualidade de mudas de *Pinus taeda* L. para plantio definitivo. Tesis de maestría, Universidad Federal de Parana, Curitiba, Brasil.
- Castro-Garibay S., Aldrete A., López-Upton J., Ordáz-Chaparro V. (2018). Efecto del envase, sustrato y fertilización en el crecimiento de *Pinus greggii* var. *australis* en vivero. *Agrociencia* 52: 115-127.
- Close D., Paterson S., Corkrey R. Mc Arthur C. (2010). Influence of seedling size, container type and mammal browsing on the establishment of *Eucalyptus globulus* in plantation forestry. *New Forest* 39:105-115.
- Cobas López M., Román Acosta L., Padilla Torres G. (2016). Atributos morfológicos de la planta de *Gmelina arborea* roxb. cultivada en tubetes. *Revista Forestal Baracoa* 35: 1-7.
- Comerford N., Fisher R. (1984). Using foliar analysis to classify nitrogen-deficient sites. *Soil Science Society of America Journal* 48: 910-914.
- Correa Gutiérrez P. (2011). Evaluación de la capacidad promotora del crecimiento de microorganismos extraídos de suelos supresivos sobre plántulas de tomate y su influencia en la calidad de plántula. Tesis de grado, Universidad de Almería, Almería, España.
- Díaz L., Climent M., Peters E., Pérez M., Puértolas S., Morales M., Jiménez P., Gil S. (2004). Evaluación de la calidad de plántulas de *Pinus canariensis* cultivadas con diferentes métodos en la supervivencia y crecimiento en campo. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 17: 63-67.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2016). *InfoStat Software Estadístico: Manual del Usuario*. Ed. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Díaz V., Pérez V., Hennig A. (2010). Influencia de diferentes sustratos en el desarrollo de plantines de *Prosopis alba* Griseb. XXIV Jornadas Forestales de Entre Ríos. 25-26 de noviembre, Concordia, Argentina. P. 15.
- Dickson A., Leaf A., Hosner J. (1960). Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. *Forestry Chronicle* 36 (1): 10-13.
- Dumroese R.K., Barnett J.P., Jackson D.P., Hains M.J. (2009). Interim guidelines for growing longleaf pine seedlings in container nurseries. En: *National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations*. Dumroese R.K., Riley L.E. (Eds.). Fort Collins, EEUU. Pp. 101-107.
- Farfán E., Jasso J., López J., Vargas J., Ramírez C. (2002). Parámetros genéticos y eficiencia de la selección temprana en *Pinus ayacahuite* Ehren. var. ayacahuite. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 25 (3): 239-246.
- García M. (2007). Importancia de la calidad del plantín forestal. XXII Jornadas Forestales de Entre Ríos. Argentina. 2007. En: <http://www.inta.gov.ar/concordia/info/Forestales/contenido/pdf/2007/312.II.GAR-CIA.pdf>, consulta: agosto 2017.
- Gil L., Pardos J.A. (1997). Aspectos funcionales del arraigo. La calidad fisiológica de la planta forestal. *Cuadernos de la SECF* 4: 27-34.
- González M. (1993). Estudio del efecto de diferentes regímenes de acondicionamiento de plantas de Raulí (*Nothofagus alpina*) 1-0 a raíz desnuda. *Bosque* 17 (1): 29-41.
- González Orozco M., Prieto Ruíz J., Aldrete A., Hernández Díaz J., Chávez Simental J., Rodríguez Laguna R. (2018). Sustratos a base de aserrín crudo con fertilización y la calidad de planta de *Pinus cooperi* Blanco en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9 (48): 203-225.
- Greze R., Gerding V. (1995). Aplicación de aserrín de la industria forestal para el mejoramiento del suelo. *Bosque* 16 (1): 115-119.
- Grossnickle S.C. (2012). Why seedlings survive: importance of plant attributes. *New Forest* 43: 711-738.
- Guehl J.M., Clement A., Kaushal P., Aussenac G. (1993). Planting stress, water status and non-structural carbohydrate concentrations in Corsican pine seedlings. *Tree Physiology* 12: 173-183.
- Hampel H. (2005). El potencial de negocio de especies forestales no tradicionales en Misiones, Argentina. Manejo y gerenciamiento de *Grevillea robusta*, *Melia azedarach*, *Paulownia* sp y *Toona ciliata*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Económicas, Universidad Nacional de Misiones, Posadas, Argentina.
- Hartmann H.T., Kester D.E., Davies F.T., Geneve R.L. (2011). *Plant propagation: Principles and practices*. Pearson (Ed.) New Jersey, EEUU.
- Hernández C., Rubilar R. (2012). Efecto de la fertilización nitrogenada y fosforada en el desarrollo y fenología de brotes de setos de *Pinus radiata*. *Bosque (Valdivia)* 33 (1): 53-61.
- Hernández-Zarate L., Aldrete A., Ordaz-Chaparro V., López-Upton J., López-López M. (2014). Crecimiento de *Pinus montezumae* lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. *Agrociencia* 48: 627-637.
- Hunt G.A. (1990). Effect of stryrobloc design and cooper treatment on morphology of conifer seedlings. En: *Target Seedlings Symposium, Meeting of the Western Forest Nursery Associations*. Rose R., Campbell S.J., Landis T.D. (Eds.) Foresty Service Press, EEUU. Pp. 218-222.
- Jacobs D.F., Rose R., Haase D.L. (2003). Ecophysiological response of douglas-fir seedlings to polymer-coated fertilizer. *Proceedings of the Rocky Mountain Research Station* 28: 84-88.

- Kabrick J.M., Dey D.C., Shifley S.R., Villwock J.L. (2011). Early survival and growth of planted short-leaf pine seedlings as a function of initial size and overstory stocking. En: Proceedings of the 17th Central Hardwood Forest Conference. Songlin F., Stringer J.M., Jeffrey W., Gottschalk K.W., Miller G.W. (Eds.). Lexington, EEUU.
- Maldonado-Benítez K., Aldrete A., López-Upton J., Vaquera-Huerta H., Cetina-Alcalá M. (2011). Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezclas de sustrato con hidrogel y riego, en vivero. *Agrociencia* 45(3): 389-398.
- 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.
- Mateo S. (2002). Potencial del aserrín como alimento para rumiantes y sustrato para plantas. Tesis de Doctorado. Colegio de Posgraduados. Montecillo, México.
- May J. (1985). Seedling quality, grading, culling and couting. En: Southern pine nursery handbook. Lantz C.W. (Ed.). EEUU. P. 9.
- Monsalve J., Escobar R., Acevedo M., Sánchez M., Coopman R. (2009). Efecto de la concentración de nitrógeno sobre atributos morfológicos, potencial de crecimiento radical y estatus nutricional en plantas de *Eucalyptus globulus* producidas a raíz cubierta. *Bosque (Valdivia)* 30 (2): 88-94.
- Muñoz Flores H., Sáenz Reyes J., Coria Avalos V., García Magaña J., Hernández Ramos J., Manzanilla Quijada G. (2014). Calidad de planta en el vivero forestal La Dieta, Municipio Zitácuaro, Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 6 (27): 72-89.
- Oliet Palá J., Planelles González R., López Arias M., Artero Caballero F. (2000). Efecto de la fertilización en vivero y del uso de protectores en plantación sobre la supervivencia y el crecimiento durante seis años de una repoblación de *Pinus halepensis*. *Cuaderno Sociedad Española de Ciencias Forestales* 10: 69-77.
- Oliet J., Segura M., Martín Domínguez F., Blanco E., Serrada R., López Arias M., Artero F. (1999). Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicados a la producción de planta forestal de vivero. Efecto de dosis y formulaciones sobre la calidad de *Pinus halepensis* mill. *Investigación agraria: Sistemas y recursos forestales* 8 (1): 207-228.
- Oliet J., Planelles R., Segura M.L., Artero F., Jacobs D.F. (2004). Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* under controlled-release fertilizer. *Scientia Horticulturae* 103: 113-129.
- Oliet J., Planelles R., Artero F., Jacobs D. (2005). Nursery fertilization and tree shelters affect long-term field response of *Acacia salicina* Lindl. planted in Mediterranean semiarid conditions. *Forest Ecology and Management* 215: 339-351.
- Olivo V., Buduba C. (2006). Influencia de seis sustratos en el crecimiento de *Pinus ponderosa* producido en contenedores bajo condiciones de invernáculo. *Bosque (Valdivia)* 27 (3): 267-271.
- Orozco Gutiérrez G., Muñoz Flores J., Rueda Sánchez A., Sígala Rodríguez J., Prieto Ruiz J., García Magaña J. (2011). Diagnóstico de la calidad de planta en los viveros forestales del estado de Colima. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1 (2): 134-145.
- Otero Nalban M., Salcedo Larralde I., Txarterina Urkiri K., Azurmendi Irasuegi F., Duñabeitia Aurrekoetxea M. (2017). Evaluación del efecto de una fertilización orgánica en el crecimiento de *Pinus radiata* y su susceptibilidad a *Fusarium circinatum*. 7º Congreso Forestal Español. 26-30 de junio, Plasencia, Extremadura. España. P.9.
- Pérez V., Rodríguez H. (2016). Producción de plantines de calidad de *Aspidosperma quebracho-blanco* Schltdl. Tesis de Grado, Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba, Argentina.
- Pezzutti R., Schenone R., Caldato S., Chrapek C., Ortega V. (2017). Productividad de procedencias de *Pinus taeda* y *Pinus elliottii* x *Pinus caribaea* var hondurensis. *Anuario De Investigación USAL* 4: 203-204.
- Prieto R., García R., Mejía B., Huchin A., Aguilar V. (2009). Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. En: <https://es.scribd.com/document/374541047/Produccion-de-Planta-Del-Genero-Pinus-en-Vivero-en-Clima-Templado-Frio>, consulta: agosto 2017.
- Quiroz I., Hernández A., García E., González M., Soto H. (2011). Comportamiento en terreno de plantas de quillay (*Quillaja saponaria* Mol.), producidas en diferentes volúmenes de contenedor. *Ciencia e Investigación Forestal-Instituto Forestal* 17 (2): 163-174.
- Quiroz Marchant I., García Rivas E., González Ortega M., Guin-Po P., Soto Guevara H. (2009). Vivero forestal: producción de plantas nativas a raíz cubierta. En: <http://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/123456789/26345/INFOR-0049.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, consulta: agosto 2017.
- Richards L. (1980). Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos: manual N° 60. Editorial Limusa, México.
- Ritchie G., Landis T., Dumroese K., Haase D. (2008). Evaluación de la Calidad de la Planta. En: Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedores. Landis T.D. Tinus R.W. McDonald S.E., Barnett J.P. (Eds.). U.S. Department of Agriculture, Forest Service Washington, EEUU. P. 88.
- Rose R., Carlson W.C., Morgan P. (1990). The target seedling concept. En: Target Seedling Symposium, Meeting of the Western Forest Nursery Associations. Rose R., Campbell S.J., Landis T.D. (Eds.) Forest Service Press, EEUU. P. 286.
- Rose R., Haase D., Arellano E. (2004). Revisión bibliográfica: Fertilizantes de entrega controlada: potencial

- para mejorar la productividad de la reforestación. *Bosque (Valdivia)* 25 (2): 89-100.
- Rowe D., Blazich F., Raper C. (2002). Nitrogen nutrition of hedged stock plants of loblolly pine I. Tissue nitrogen concentrations and carbohydrate status. *New Forest* 24: 39-51.
- Sáenz R.J.T., Villaseñor Muñoz R.F., Rueda S.A., Prieto R. (2010). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacán. Editorial SAGARPA-INIFAP-CIRPAC, México.
- Salleses L., Rizzo P., Riera N., Della Torre V., Crespo D., Pathauer P. (2015). Efecto de compost de guano avícola en la producción de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis*. *Ciencia del suelo* 33 (2): 221-228.
- Salto C., Harrand L., Oberschelp G., Ewens M. (2016). Crecimiento de plantines de *Prosopis alba* en diferentes sustratos, contenedores y condiciones de vivero. *Bosque (Valdivia)* 37 (3): 527-537.
- San Gil Castro J. (2014). Efectos de diferentes sustratos en el índice de esbeltez de plantones de dos savias de *Pinus halepensis*. Tesis de Maestría. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, España.
- Schenone R., Pezzutti R., Caldato S., Meneses C. (2016). Desarrollo inicial aéreo y radicular de *Pinus taeda* propagado por semilla y estacas. *Revista Forestal Yvyrareta* 23: 7-13.
- South D.B., Harris S.W., Barnett J.P., Hains M.J., Gjerstad D.H. (2005). Effect of container type and seedling size on survival and early height growth of *Pinus palustris* seedlings in Alabama, U.S.A. *Forest Ecology and Management* 204 (2): 385-398.
- Stefan C. (2001). Evaluación del crecimiento vegetativo de plantaciones forestales de *Pinus taeda* con materiales de propagación tecnológica y morfológicamente diferenciados en Santo Tomé, Corrientes, Argentina. Tesis de grado. Universidad Católica, Goya, Argentina.
- Tsakalimi M., Ganatsas P., Jacobs D.F. (2013). Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. *New Forests* 44: 327-339.
- Thompson B.E. (1985). Seedling morphology: what you can tell by looking. En: *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Duryea M. L. (Ed.) Corvallis, EE.UU. Pp. 59-71.
- Viveros-Viveros H., Sáenz-Romero C., Guzmán-Reyna R. (2005). Control genético de características de crecimiento en vivero de plántulas de *Pinus oocarpa*. *Revista de Fitotecnia Mexicana* 28: 333-338.