

PRODUCCIÓN DE *Pinus montezumae* Lamb. CON DIFERENTES SUSTRATOS Y FERTILIZANTES DE LIBERACIÓN CONTROLADA

PRODUCTION OF *Pinus montezumae* Lamb. WITH DIFFERENT SUBSTRATES AND CONTROLLED RELEASE FERTILIZERS

Manuel Aguilera-Rodríguez, Arnulfo Aldrete*, Tomás Martínez-Trinidad, Víctor M. Ordáz-Chaparro

Colegio de Postgraduados. km 36.5 carretera México-Texcoco. 56230. Montecillo, México.
(aaldrere@colpos.mx)

RESUMEN

Los fertilizantes de liberación controlada se utilizan poco en los viveros forestales, principalmente porque se desconocen sus ventajas. El objetivo de este estudio fue probar la efectividad de tres fertilizantes de liberación controlada combinados con dos sustratos. Plantas de *Pinus montezumae* Lamb. se obtuvieron en charolas de poliestireno, con tres dosis (4, 6 y 8 g L⁻¹) de fertilizantes (Basacote® Plus, Multicote® y Osmocote® Plus) y dos sustratos: S1 (aserrín de pino compostado, corteza de pino compostada y vermiculita 70:15:15) y S2 (turba de musgo, perlita y vermiculita 60:20:20). El estudio se realizó con un arreglo factorial 2×3×3. Después de 9.5 meses de la siembra, el efecto por el sustrato, fertilizante y dosis, fue significativo en el diámetro del tallo, el peso seco aéreo, el peso de la raíz, el peso seco total y la relación del peso seco aéreo sobre el de la raíz. En el sustrato S1 los valores mayores se presentaron con la dosis de 8 g L⁻¹ y en el sustrato S2 con las dosis 6 y 8 g L⁻¹. La concentración de N, P y K en el follaje aumentó con el nivel de los fertilizantes. En 16 de los 18 tratamientos se obtuvieron plantas con diámetro medio mayor a 6 mm. Los fertilizantes retuvieron de 15 a 45 % de N, P, K; Basacote® retuvo la cantidad mayor de éstos. En S2 con 8 g L⁻¹ de Basacote®, Multicote®, Osmocote® las plantas tuvieron las características morfológicas recomendables para usarlas en una plantación y las concentraciones mayores de N, P y K en el follaje. La producción de plantas con calidad alta es posible mediante el uso de fertilizantes de liberación controlada combinados con turba de musgo o aserrín de pino.

Palabras claves: *Pinus montezumae* Lamb., aserrín de pino, turba de musgo, fertilizantes de liberación controlada.

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: enero, 2015. Aprobado: junio, 2015.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 50: 107-118. 2016.

ABSTRACT

Controlled-release fertilizers are not frequently used in forest nurseries, mainly because their advantages are unknown. The objective of this study was to test the effectiveness of three controlled-release fertilizers combined with two substrates. *Pinus montezumae* Lamb. plants were grown in polystyrene trays with three dosages (4, 6 and 8 g L⁻¹) of fertilizers (Basacote™ Plus, Multicote™ and Osmocote™ Plus) and two substrates: S1 (composted pine sawdust, composted pine bark and vermiculite 70:15:15) and S2 (peat moss, perlite and vermiculite 60:20:20). The study was conducted with a 2×3×3 factorial array. Nine and a half months after sowing, the effect of substrate, fertilizer and dosage on stem diameter, shoot dry weight, root dry weight, total dry weight and shoot/root ratio was significant. In substrate S1, the highest values occurred with the dosage 8 g L⁻¹ and in substrate S2 with the dosages 6 and 8 g L⁻¹. The concentration of N, P and K in foliage increased with the level of fertilizers. In 16 of the 18 treatments, mean stem diameters above 6 mm were obtained. The fertilizers retained 15 to 45 % N, P, K; Basacote™ retained the highest quantities of these elements. In S2 with 8 g L⁻¹ Basacote™, Multicote™, Osmocote™, the plants had morphological characteristics recommended for use in plantations and the highest concentrations of N, P and K in foliage. Production of high quality plants is possible using controlled-release fertilizers combined with peat moss or pine sawdust.

Key words: *Pinus montezumae* Lamb., pine sawdust, peat moss, controlled-release fertilizers.

INTRODUCTION

Peat moss, the main component of substrates, and water-soluble fertilizers, are used in forest nurseries to produce plants in containers (CONAFOR, 2014). In environments Where

INTRODUCCIÓN

La turba de musgo, como componente principal de los sustratos y fertilizantes hidrosolubles (FHS), se usan en los viveros forestales para producir plantas en contenedores (CONAFOR, 2014). En ambientes con ventilación deficiente, la turba puede ser un medio propicio para el desarrollo de musgo y de patógenos de los géneros *Pythium*, *Phytophthora* y *Fusarium* en el sustrato de producción de las plantas (Hoitink *et al.*, 1997).

En el presente milenio el valor de la turba se ha incrementado más de 150 %, por el aumento constante en los costos de los combustibles, el transporte y la devaluación del peso frente al dólar. Los FHS se aplican a las plantas con el riego, por lo cual una parte se pierde en el agua que cae a los pasillos y la periferia del área de producción; además, en algunos viveros los fertilizantes se aplican con aspersores manuales (CONAFOR, 2014) y cantidades inadecuadas de nutrimentos para las plantas. Esto causa pérdida de plantas por deficiencias nutrimentales o con tallas desproporcionadas por exceso de fertilización.

El uso de fertilizantes de liberación controlada (FLC) es una alternativa de fertilización porque su diseño permite suministrar los nutrimentos requeridos por las plantas durante su desarrollo, y en el vivero se pueden administrar en una aplicación única. Esto simplifica el proceso de producción, reduce los costos de mano de obra y minimiza las pérdidas por lixiviación en el agua de riego (Landis y Dumroese, 2009). Pero los FLC se usan poco en los viveros forestales, debido al desconocimiento de sus patrones de liberación de nutrimentos, su interacción con los medios de crecimiento y la temperatura del sustrato durante el crecimiento de las plantas (Rose *et al.*, 2004).

Como una alternativa para reducir el costo de los sustratos, en algunos viveros del centro de México, sustratos mezclados con aserrín y corteza de pino se usan con éxito desde 2003. Estos subproductos de la industria forestal son abundantes y más económicos que la turba de musgo, que es importada de Canadá y países europeos (Mateo *et al.*, 2011). En la actualidad, en los viveros del centro y norte del país, el costo promedio de la turba es US\$ 125.00 por m³, y 9.38 y 56.25 por m³ de aserrín crudo y corteza de pino compostados. En México, cada año

ventilación es deficiente, peat moss can be a medium that promotes growth of mosses and pathogens of the genera *Pythium*, *Phytophthora* and *Fusarium* on the substrate where plants are produced (Hoitink *et al.*, 1997).

During the current millennium, peat moss prices have increased more than 150 % because of the continuous increase in costs of fuel and shipping, and devaluation of the Mexican peso relative to the US dollar. Water-soluble fertilizers are applied to plants through the irrigation system, so that a portion is lost in the water that spills into the pathways and outer edges of the production area. Moreover, some nurseries apply fertilizers with manual sprayers (CONAFOR, 2014) in quantities that are inadequate for nutrition of the plants. This causes loss of plants from nutrient deficiencies or disproportional stems from excessive fertilizing.

The use of controlled-release fertilizers (CRF) is a more efficient alternative for fertilization because their design allows supplying the required nutrients during plant development. In the nursery, it is possible to supply them in a single application, simplifying the production process, reducing costs of labor and minimizing losses to leaching by irrigation water (Landis and Dumroese, 2009). However, CRF are not often used in forest nurseries because their patterns of nutrient release, their interaction with growing media and temperature of the substrate during plant growth are not well known (Rose *et al.*, 2004).

One alternative for reducing substrate cost is to use pine sawdust mixed with pine bark. Used as substrate in nurseries in central Mexico since 2003, these by-products of the forest industry are abundant and cheaper than peat moss, which is imported from Canada and Europe (Mateo *et al.*, 2011). Currently, in nurseries of central and northern Mexico, the average cost of peat moss is US\$ 125.00 m⁻³, whereas fresh sawdust and composted pine bark cost US\$ 9.38 and 56.25 dollars m⁻³, respectively. In Mexico, 3.7×10⁶ m³ of milled lumber from *Pinus* and *Abies* are produced yearly (SEMARNAT, 2013), and 1.6×10⁶ m³ of sawdust are produced (Zavala and Hernández, 2000).

In recent years, studies have been carried out about on plant production with CRF and substrates with pine sawdust. The results show that plants such as *Cedrela odorata* L. (Mateo *et al.*, 2011),

se producen $3.7 \times 10^6 \text{ m}^3$ de madera aserrada de los géneros *Pinus* y *Abies* (SEMARNAT, 2013) y se generan $1.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ de aserrín (Zavala y Hernández, 2000).

En años recientes, se ha realizado investigación sobre la producción de planta con FLC y sustratos de aserrín de pino. Los resultados muestran que las plantas como *Cedrela odorata* L. (Mateo *et al.*, 2011), *Pinus greggii* Engelm. (Maldonado *et al.*, 2011) y *Pinus pseudostrabus* var. *apulcensis* (Reyes *et al.*, 2005), presentan características morfológicas recomendables para plantarse.

Por lo anterior, la investigación del aprovechamiento y divulgación de las características de los diferentes FLC y sustratos formulados con subproductos de la industria forestal debe continuar. El objetivo de esta investigación fue probar la eficiencia de los tres FLC más usados en los viveros forestales de México y su mezcla con dos sustratos, turba de musgo, usada en los viveros, y aserrín compostado de pino, usado en algunos viveros de los estados de Hidalgo y Puebla. *Pinus montezumae* Lamb. fue seleccionado para el estudio porque es una de las 10 especies forestales con mayor distribución natural (Perry, 1991) y la más producida para reforestación de terrenos perturbados (CONAFOR, 2014).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se desarrolló en el vivero forestal GUMAIR, ubicado en el municipio de Acaxochitlán, Hidalgo, México, con altitud de 2400 m, clima templado subhúmedo, con lluvias en verano, temperatura media de 15.1 °C y precipitación anual promedio de 915.5 mm (CONAGUA, 2014).

Insumos utilizados

La siembra se hizo en charolas de poliestireno expandido con 77 cavidades de 160 cm^3 ; la densidad de siembra fue 360 plantas por m^2 . La poda química de las raíces laterales se hizo impregnando las paredes internas de las cavidades con una solución de hidróxido cúprico al 7 % (Aldana y Aguilera, 2003).

Sustratos

Dos sustratos fueron evaluados: con aserrín (S1), compuesto de aserrín de pino compostado, corteza de pino compostada y

Pinus greggii Engelm. (Maldonado *et al.*, 2011) and *Pinus pseudostrabus* var. *apulcensis* (Reyes *et al.*, 2005), achieved the morphological characteristics recommended for planting.

For these reasons, study of the use and divulgation of the characteristics of different CRF and substrates formulated with forest industrial by-products should continue. The objective of this study was to test the efficiency of the three CRF most used in forest nurseries in Mexico and of the mixtures of these with two substrates: peat moss, used in nurseries, and composted pine sawdust, used in some nurseries in the states of Hidalgo and Puebla. *Pinus montezumae* Lamb. was selected for the study because it is one of the 10 major naturally distributed forest species (Perry, 1991) and the most produced for reforesting disturbed land (CONAFOR, 2014).

MATERIALS AND METHODS

Study area

The study was conducted in the forest nursery GUMAIR, located in the municipality of Acaxochitlán, Hidalgo, Mexico, at an altitude of 2400 m, with subhumid temperate climate, summer rains, mean temperature of 15.1 °C and average annual precipitation of 915.5 mm (CONAGUA, 2014).

Materials

Seeds were sown in expanded polystyrene trays with 77 holes each with a volume of 160 cm^3 . Sowing density was 360 plants m^{-2} . Chemical pruning of lateral roots was done by impregnating the inner wall of the cavities with a solution of 7 % cupric hydroxide, (Aldana and Aguilera, 2003).

Substrates

Two substrates were assessed: (S1) composted sawdust, composted pine bark and vermiculite (70:15:15) and S2, peat moss, perlite and vermiculite (60:20:20). Both substrates, with three replications, were analyzed in the Soil Physics laboratory at the Colegio de Postgraduados. Substrate physical and chemical characteristics are within the intervals suggested for plant production in containers (Landis *et al.*, 1990; Mathers *et al.*, 2007; Prieto *et al.*, 2009). The exception was S1 whose water retention porosity (WRP) and the C:N ratio were higher than recommended (Table 1).

vermiculita (70:15:15); y con turba (S2), compuesto por turba de musgo, perlita y vermiculita (60:20:20). Ambos sustratos, con tres repeticiones, se analizaron en el laboratorio de Física de Suelos, del Colegio de Postgraduados, y sus características físicas y químicas están dentro de los intervalos para producción de planta en contenedor (Landis *et al.*, 1990; Mathers *et al.*, 2007; Prieto *et al.*, 2009). La excepción fue S1, cuya porosidad de retención de agua (PRA) y la relación C:N fueron mayores que los recomendados (Cuadro 1).

Fertilizantes

Tres FLC utilizados en el estudio, con N, P, K y micro nutrientes, se utilizan en los viveros forestales de México: Basacote® Plus 9M 16-8-12+M.E. (BASF Aktiengesellschaft – Limburgerhof, Alemania), Multicote® (8) 18-6-12+2Mg+M.E. (Haifa Chemicals Ltd. – Haifa, Israel) y Osmocote Plus® 8-9M 15-9-12+M.E (eveRRIS ILC Fertilizer Company, Dublin, OH, Estados Unidos). Según el fabricante los nutrientes se liberan entre 7 y 8 meses en el suelo con temperatura media de 25 °C, 8 y 9 meses a 21 °C, 9 y 10 meses a 15 °C; y recomienda, utilizar de 4 a 8 g L⁻¹ de sustrato, en dependencia de la especie, fertilidad del sustrato y condiciones ambientales.

Tratamientos

La combinación de los sustratos (dos), los fertilizantes (tres) y dosis (tres) generó 18 tratamientos (Cuadro 2).

Fertilizers

The three CRF used in the study contained N, P, K and micronutrients and are used in forest nurseries in Mexico: Basacote™ Plus 9M 16-8-12+M.E. (BASF Aktiengesellschaft – Limburgerhof, Germany), Multicote™ (8) 18-6-12+2Mg+M.E. (Haifa Chemicals Ltd. – Haifa, Israel) and Osmocote™ Plus 8-9M 15-9-12+M.E. (eveRRIS ILC Fertilizer Company, Dublin, OH, USA). According to the manufacturers, nutrients are released into the soil over 7 to 8 months at 25 °C mean temperature, 8 to 9 months at 21 °C and 10 months at 15 °C. They recommend using 4 to 8 g L⁻¹ of substrate, depending on the species, substrate fertility and environmental conditions.

Treatments

The combination of substrates (two), fertilizers (three) and dosages (three) resulted in 18 treatments (Table 2).

Each treatment in one tray was replicated four times. There were a total of 72 trays and 5544 cavities each with one plant. The trays, in a randomized design, were placed on tables at the center of the production area to minimize edge effects.

Cost per plant was calculated considering 200 cm³ substrate to fill each cavity, including 40 cm³ of volume after compacting inside the containers. With three commercial price quotes, the average cost per liter of substrate was estimated at 0.040 and 0.099 US\$ for S1 and S2, respectively. Average cost per kg of fertilizers was 2.31, 3.63 and 3.81 US\$ for Multicote™, Basacote™ and Osmocote™.

Cuadro 1. Características físicas y químicas de los sustratos utilizados para producir plantas de *Pinus montezumae* Lamb.

Table 1. Physical and chemical characteristics of substrates used to produce *Pinus montezumae* Lamb. plants.

S	DMP (mm)	PT	PA	PRA	C:N	pH	CE (dS m ⁻¹)
		%					
S1	1.2	85	22	63	261	4.8	0.04
S2	1.6	79	21	58	130	5.3	0.12
VR	0.8 a 6.0	60 a 80	15 a 35	25 a 55	<140	5 a 6.5	<1.0

S: sustrato, S1: mezcla de aserrín de pino compostado, corteza de pino compostada y vermiculita (70:15:15 v:v); S2: turba de musgo, perlita y vermiculita (60:20:20 v:v), VR: valores recomendados, DMP: diámetro medio ponderado, PT: porosidad total, PA: porosidad de aireación, PRA: porosidad de retención de agua, CE: conductividad eléctrica del extracto de saturación en deciSiemens por metro ❖ S: substrate, S1: mixture of composted pine sawdust, composted pine bark and vermiculite (70:15:15 v:v); S2: peat moss, perlite and vermiculite (60:20:20 v:v), VR: recommended values, DMP: weighted mean diameter, PT: total porosity, PA: aeration porosity, PRA: water retention porosity, CE: electrical conductivity of the saturation extract in deciSiemens per meter.

Cuadro 2. Tratamientos y costo de sustrato con fertilizante por planta producida de *Pinus montezumae* Lamb., en recipientes de poliestireno con cavidades de 160 cm³.

Table 2. Treatments and substrate costs with fertilizer, per *Pinus montezumae* Lamb. plant produced in polystyrene trays with 160 cm³ cavities.

T	S	Fertilizantes		Costo por planta US\$	T	S	Fertilizantes		Costo por planta US\$
		Tipo	Dosis (g L ⁻¹)				Tipo	Dosis (g L ⁻¹)	
1			4	0.0113	10		4	0.0231	
2		B	6	0.0125	11	B	6	0.0244	
3			8	0.0138	12		8	0.0256	
4			4	0.0100	13		4	0.0219	
5	S1	M	6	0.0106	14	S2	M	6	0.0225
6			8	0.0119	15		8	0.0238	
7			4	0.0113	16		4	0.0231	
8		O	6	0.0125	17	O	6	0.0244	
9			8	0.0144	18		8	0.0263	

T: tratamiento; S: sustrato; S1: aserrín compostado de pino, corteza compostada de pino y vermiculita (70:15:15 v:v); S2: turba de musgo, perlita y vermiculita (60:20:20 v:v); B: Basacote[®]; M: Multicote[®]; O: Osmocote[®] ❖ T: treatment; S: substrate; S1: composted pine sawdust, composted pine bark and vermiculite (70:15:15 v:v); S2: peat moss, perlite and vermiculite (60:20:20 v:v); B: Basacote[™]; M: Multicote[™]; O: Osmocote[™].

Cada tratamiento incluyó cuatro repeticiones, cada una en una charola; en total, 72 charolas y 5544 cavidades, una planta en cada una. Con un diseño aleatorio, las charolas se colocaron en las mesas del centro del área de producción, para minimizar los efectos de orilla.

El costo por planta se calculó considerando 200 cm³ de sustrato por cavidad, incluyendo 40 cm³ del volumen que se compacta en los contenedores. Con tres cotizaciones comerciales, el costo promedio por litro de sustrato se calculó en US\$ 0.040 y 0.099 para el S1 y S2. Para los fertilizantes se obtuvo un costo promedio por kg de US\$ 2.31, 3.63 y 3.81 para Multicote[®], Basacote[®] y Osmocote[®].

Manejo de la producción

Las semillas se remojaron 8 h en agua, se desinfectaron con solución de peróxido de hidrógeno comercial, al 5 %, por 20 min, y se impregnó con Bactiva[®] (*Basilus* spp. y *Trichoderma* spp.), en una dosis de 3 g k⁻¹ de semilla. La siembra se realizó en la primera semana de octubre de 2012. Todas las unidades experimentales recibieron riego con cantidad de agua similar y manejo igual que el resto de la producción. El área de producción se mantuvo cubierta con malla para sombra por 8 meses, a partir de la siembra. Durante el desarrollo de las plantas no se presentaron problemas con patógenos o fenómenos meteorológicos que pudieran haber alterado el estudio.

Production management

Seeds were soaked in water for 8 h, disinfected with a commercial 5 % solution of hydrogen peroxide for 20 min and impregnated with Bactiva[™] (*Basilus* spp. and *Trichoderma* spp.) at a dosage of 3 g k⁻¹ seed. Sowing was carried out during the first week of October 2012. All the experimental units were irrigated with a similar quantity of water and management was the same as for the rest of the production. The area of production was covered with a shade cloth for 8 months after sowing. During plant development, there were no problems caused by pathogens or weather events that might have altered the study.

Assessed variables

Morphological characteristics of the plants

Plants were assessed 9.5 months after sowing. During this period and at the mean temperature of the study region, the nutrients contained in the fertilizer granules should have been released, according to the indications printed on the commercial package. Twenty plants were extracted at random from the central area of each tray (80 per treatment). Diameter (D) was measured at the base of the stem. In this area, the root and stem were separated and placed in paper bags. Plants were dried in an oven at 70 °C for 72 h. Dry weight of root (RDW) and shoot (SDW) was determined with an analytical balance.

VARIABLES EVALUADAS

Características morfológicas de las plantas

Las plantas se evaluaron 9.5 meses después de la siembra, período en que los nutrientes de los granulos de los fertilizantes deberían liberarse, según las indicaciones en los envases comerciales, a la temperatura media de la zona del estudio. Aleatoriamente se extrajeron 20 plantas del área central de cada charola (80 por tratamiento). El diámetro se midió en la base de su tallo; en esa zona se separó la raíz y del tallo y se colocaron en bolsas de papel. Las plantas se deshidrataron en un horno, a 70 °C, por 72 h; luego el peso seco de la raíz (PSR) y de la parte aérea (PSA) se determinó en una balanza analítica. No se evaluó la altura por su crecimiento cespitoso en esa etapa del desarrollo.

Concentración residual de N, P y K en el follaje y en los fertilizantes

De las plantas seleccionadas de cada tratamiento se integraron muestras representativas del follaje con cinco acículas secas de cada planta; de cada muestras, se separaron aleatoriamente tres sub muestras para su análisis. Cinco granulos se recolectaron de los cepellones de cada planta, para integrar muestras representativas de los fertilizantes; de cada muestra se separaron aleatoriamente dos sub muestras para su análisis. La cuantificación de N, P y K se realizó en el laboratorio de Nutrición Vegetal Salvador Alcalde Blanco, del Colegio de Postgraduados.

Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial $2 \times 3 \times 3$, con dos sustratos, tres fertilizantes y tres dosis, y el modelo fue: $Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$, donde A es el sustrato, B el fertilizante y C la dosis. Con los valores de las variables se realizó un ANDEVA y las medias de los tratamientos se compararon con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$), y se determinaron los efectos de las interacciones entre sustratos, fertilizantes y dosis con el software InfoStat[®], versión 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

VARIABLES MORFOLÓGICAS DE LAS PLANTAS

El efecto del tipo de sustrato, el fertilizante y la dosis fue significativo ($p \leq 0.0001$) en D, PSA, PSR,

Height was not measured because of grass stage growth during this time.

Residual concentration of N, P and K in foliage and fertilizers

Representative samples of foliage, with five dry needles, from selected plants of each treatment were used. Subsamples were separated randomly from each of the samples for analysis. Five granules were collected from the root ball of each plant as representative samples of the fertilizers. From each sample, two subsamples were separated at random for analysis. N, P and K were quantified in the plant nutrition laboratory Salvador Alcalde Blanco at the Colegio de Postgraduados.

Experimental design and statistical analysis

The experimental design was completely randomized with a $2 \times 3 \times 3$ factorial array, with two substrates, three fertilizers and three dosages, and the model was: $Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$, where A is the substrate, B the fertilizer and C the dosage. With the values of the variables an ANOVA was performed and Tukey test was used for comparison of means ($p \leq 0.05$) between treatments. Effects of interactions among substrates, fertilizers and dosages was determined with the software InfoStat[™], version 2008 (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESULTS AND DISCUSSION

Plant morphological variables

Effects of type of substrate, fertilizer and dosage were significant ($p \leq 0.0001$) on D, SDW, RDW and TDW. The effect of type and dosage of fertilizer was significant ($p \leq 0.0001$) in the shoot/root ratio (SDW/RDW). The interactions substrate-fertilizer and substrate-fertilizer-dosage significantly affected all the assessed variables. The interaction substrate-dosage affected only SDW, RDW, TDW ($p \leq 0.0001$) and D ($p \leq 0.0235$). The fertilizer-dosage interaction was present only in the variables SDW and SDW/RDW ($p \leq 0.0001$) and TDW ($p \leq 0.0016$). The values of all the variables were higher with treatment S2 than with S1. The highest values of D, SDW, RDW and TDW were achieved with Multicote[™], followed by those in plants grown with Osmocote[™] and Basacote[™]. The ratio SDW/RDW was lower with

y PST; el efecto del tipo de fertilizante y la dosis fueron significativos ($p \leq 0.0001$) en la relación PSA/PSR. Las interacciones del sustrato-fertilizante y sustrato-fertilizante-dosis afectaron significativamente ($p \leq 0.0001$) a todas las variables evaluadas; la de sustrato-dosis afectó sólo a PSA, PSR, PST ($p \leq 0.0001$) y D ($p < 0.0235$); en la de fertilizante-dosis se presentaron solo en las variables PSA y PSA/PSR ($p \leq 0.0001$) y PST ($p \leq 0.0016$). Los valores de todas las variables fueron superiores con S2 que con S1. Los valores de D, PSA, PSR y PST con Multicote[®] fueron los mayores, le siguieron los de las plantas con Osmocote[®] y Basacote[®]; la relación PSA/PSR tuvo el valor menor con Basacote[®] y el mayor con Osmocote[®] y Multicote[®]. Los valores de D, PSA y PST incrementaron con la dosis del fertilizante y tuvieron los valores mayores con 8 g L⁻¹; PSR presentó los valores mayores o similares con 6 y 8 g L⁻¹, en tanto que la relación PSA/PSR incrementó con la dosis y los valores mayores se obtuvieron con 8 g L⁻¹ de sustrato; es decir, las dosis intermedias generaron los valores más equilibrados. El tratamiento 14, correspondientes a S2, con 6 g L⁻¹ de Multicote[®], presentó los valores mejores del conjunto de variables evaluadas, en tanto que, los tratamientos 1 y 7, de S1 con 4 g L⁻¹ de Basacote[®] y Osmocote[®] presentaron los valores menos deseables (Cuadros 3 y 4).

Con excepción de los tratamientos 7 y 8, el diámetro medio fue superior a 6 mm. Rueda *et al.* (2010) y Sáenz *et al.* (2010) evaluaron la calidad de planta producida en los estados de Jalisco y Michoacán, México, y propusieron el valor de 6 mm como diámetro mínimo para las especies del género *Pinus*, con crecimiento inicial de tipo cespitoso, desarrolladas en contenedores con cavidades de 160 cm³ de capacidad, similares a las del presente estudio. Bautista *et al.* (2005) realizaron un estudio en campo, con plántulas de *P. montezumae* Lamb., con diámetros mayores y menores a 6 mm; doce meses después de la plantación, la supervivencia de las plantas con diámetro mayor a 6 mm fue 84 % y 76 % la de las plantas con diámetro menor.

Rueda *et al.* (2010) y Sáenz *et al.* (2010), en seis viveros, produjeron plantas de *P. montezumae* y *Pinus devoniana* con diámetros de 4.7 a 9.8 mm. Los valores de las otras variables fueron PSA de 2.9 a 5.0 g, PSR de 0.9 a 1.6 g, PST de 3.9 a 6.1 y PSA/PSR de 2.0 a 4.9. Con excepción del tratamiento 1 (Basacote[®] Plus 4 g L⁻¹), los valores de PSA y PSR estuvieron

Basacote[™] than with Osmocote[™] and Multicote[™]. Values of D, SDW and TDW increased with dosage of the fertilizer and had higher values with 8 g L⁻¹. RDW had similar or higher values with 6 and 8 g L⁻¹, whereas the ratio SDW/RDW increased with the dosage, and the highest values were obtained with 8 g L⁻¹ substrate; that is, the intermediate dosages resulted in values that are more balanced. Treatment 14, corresponding to S2 with 6 g L⁻¹ Multicote[™], had the best values for all assessed variables, while treatments 1 and 7, of S1 with 4 g L⁻¹ Basacote[™] and Osmocote[™] had the least desirable values (Tables 3 and 4).

With the exception of treatments 7 and 8, mean diameter was above 6 mm. Rueda *et al.* (2010) and Sáenz *et al.* (2010) evaluated quality of plants produced in the states of Jalisco and Michoacán, Mexico, and proposed 6 mm as the minimum diameter for species of the genus *Pinus*, with initial grass-stage growth, produced in trays with 160 cm³ capacity cavities, similar to our study. Bautista *et al.* (2005) conducted a field study with *P. montezumae* Lamb. seedlings with diameters larger and smaller than 6 mm. Twelve months after plantation, survival of plants with diameters above 6 mm was 84 %, whereas survival of plants with smaller diameters was 76 %.

Rueda *et al.* (2010) and Sáenz *et al.* (2010) produced *P. montezumae* and *Pinus devoniana* with diameters of 4.7 to 9.8 mm. The values of the other variables were SDW 2.9 to 5.0 g, RDW 0.9 to 1.6 g, TDW 3.9 to 6.1 and SDW/RDW 2.0 to 4.9. With the exception of treatment 1 (Basacote[™] Plus 4 g L⁻¹), the values of SDW and RDW were within these intervals of variation. Values of the ratio SDW/RDW, in both our study and that conducted in Jalisco and Michoacán, were apparently high because the cavities of the trays were impregnated with copper. This caused the lateral roots to be thin, with diameters less than 0.5 mm, and short, thus having low RDW. Sword *et al.* (2001) evaluated the effect of chemical root pruning of *Pinus palustris* Mill. in polystyrene trays. This grass-stage growth species, native of the US southeast, had a similar root growth pattern and an average decrease of 18 % in dry root biomass of plants grown in 160 cm³ copper impregnated cavities, relative to plants grown in cavities without copper.

Cuadro 3. Valores estadísticos promedio por tratamiento, para las variables morfológicas de plantas de *Pinus montezumae* Lamb. con 9.5 meses de edad.
Table 3. Average statistical values by treatment for morphological variables of 9.5-month-old *Pinus montezumae* Lamb. plants.

T	Diámetro (mm)	PSA	PSR	PST	PSA / PSR
		g			
1	6.02 g	2.17 j	0.73 i	2.90 i	3.08 a
2	6.67 f	2.97 i	0.95 fgh	3.92 h	3.33 ab
3	7.06 ef	3.46 gh	0.94 gh	4.40 gh	3.78 cde
4	7.16 def	3.28 hi	0.91 h	4.19 h	3.73 bcd
5	7.30 cde	4.02 def	1.05 cdefg	5.07 def	3.94 cdef
6	7.34 bcde	4.41 bcd	1.11 bcde	5.51 abcd	4.08 def
7	5.92 g	3.87 efg	0.91 h	4.78 fg	4.36 fg
8	5.97 g	3.92 ef	0.99 efgh	4.91 ef	4.08 def
9	6.72 ef	4.05 def	1.01 defgh	5.06 def	4.08 def
10	7.82 abc	3.83 fg	1.27 a	5.10 def	3.11 a
11	8.02 a	4.03 def	1.12 bcde	5.15 cdef	3.71 bcd
12	8.14 a	4.00 def	1.15 abc	5.15 cdef	3.68 bcd
13	7.30 cde	4.54 abc	1.11 bcde	5.65 abc	4.20 efg
14	7.74 abcd	4.65 ab	1.20 ab	5.85 ab	3.94 cdef
15	7.94 ab	4.89 a	1.09 bcdef	5.98 a	4.59 g
16	7.88 abc	3.91 ef	1.13 bcd	5.04 def	3.59 bc
17	8.09 a	4.26 bcd	1.16 abc	5.42 bcde	3.77 bcde
18	7.94 ab	4.17 cdef	1.15 abcd	5.32 cdf	3.71 bcd

T: tratamiento; PSA: peso seco de la parte aérea; PSR: peso seco de la raíz; PST: peso seco total; PSA/PSR: relación peso seco aéreo/peso seco de la raíz ❖ T: treatment; PSA: shoot dry weight; PSR: root dry weight; PST: total dry weight; PSA/PSR: shoot dry weight/root dry weight ratio.

dentro de estos intervalos de variación. Los valores aparentemente altos de la relación PSA/PSR, tanto del estudio como de la planta evaluada en los estados de Jalisco y Michoacán, se deben a que las cavidades de los contenedores en los que las plantas se produjeron estaban impregnados con sales de cobre; esto propició la formación de raíces laterales delgadas, con diámetro menor que 0.5 mm y cortas, con PSR bajo. Sword *et al.* (2001) evaluaron el efecto de la poda química de la raíz de las plantas de *Pinus palustris* Mill., especie de crecimiento cespitoso nativa del sureste de EE.UU., producidas en charolas de poliestireno; ellos observaron patrón similar de la forma de la raíz y disminución promedio de 18 % en la biomasa seca de la raíz de las plantas producidas en cavidades de 160 cm³, respecto a las no recubiertas con cobre.

Concentraciones de N, P y K en el follaje

La concentración de nutrimentos aumentó con la dosis de fertilización y con diferencias significativas en los tres nutrimentos por efecto de

N, P and K concentrations in foliage

Concentration of nutrients increased with fertilizer dosage. The effect of dosage produced significant differences ($p \leq 0.0001$) in the three nutrients. The effect of type of fertilizer resulted in differences only in N ($p \leq 0.0001$) and P ($p \leq 0.0152$), while substrate had a significant effect only on P and K ($p \leq 0.0001$). The highest concentration of the three nutrients in foliage occurred in S2 treatments. In the interactions substrate-dosage, substrate-fertilizer, fertilizer-dosage and substrate-fertilizer-dosage, there were no significant differences in the three macronutrients, except for P in the interaction substrate-dosage ($p \leq 0.0160$). In treatments 6, 12, 15 and 18, there was greater assimilation of N, P and K (Table 4).

The highest concentration of N occurred in treatments with Multicote™, that of P in the treatments with Osmocote™, and K concentrations were similar with the three fertilizers. This pattern

Cuadro 4. Valores estadísticos promedio por tratamiento de la concentración porcentual de N, P y K en el follaje de plantas de *Pinus montezumae* Lamb.
Table 4. Average statistical values by treatment of N, P and K percent concentration in *Pinus montezumae* Lamb. foliage.

T	S	Fertilizante		N	P	K
		Tipo	Dosis (g L ⁻¹)			
1			4	0.79 e	0.06 d	0.12 e
2	S1	Basacote® Plus	6	1.00 bcde	0.11 bcd	0.15 cde
3			8	1.20 abc	0.11 bcd	0.24 abc
4			4	0.96 bcde	0.07 d	0.14 de
5	S1	Multicote®	6	1.12 abcd	0.13 abc	0.26 ab
6			8	1.29 a	0.13 abc	0.27 a
7			4	0.86 de	0.09 cd	0.16 bcde
8	S1	Osmocote® Plus	6	0.93 cde	0.12 abc	0.22 abcde
9			8	1.13 abcd	0.14 abc	0.25 abc
10			4	0.86 de	0.10 bcd	0.24 abc
11	S2	Basacote® Plus	6	1.00 bcde	0.14 abc	0.29 a
12			8	1.22 ab	0.16 a	0.31 a
13			4	1.00 bcde	0.13 abc	0.25 abc
14	S2	Multicote®	6	1.13 abcd	0.13 abc	0.26 ab
15			8	1.33 a	0.14 ab	0.31 a
16			4	0.91 de	0.14 abc	0.26 a
17	S2	Osmocote® Plus	6	1.06 abcde	0.14 abc	0.27 a
18			8	1.19 abc	0.15 ab	0.30 a

T: tratamiento; S: sustrato; S1: aserrín compostado de pino, corteza compostada de pino y vermiculita (70:15:15 v:v); S2: turba de musgo, perlita y vermiculita (60:20:20 v:v) ❖ T: treatment; S: substrate; S1: composted pine sawdust, composted pine bark and vermiculite (70:15:15 v:v); S2: (peat moss, perlite and vermiculite 60:20:20 v:v).

la dosis ($p \leq 0.0001$). Por efecto del tipo de fertilizante hubo diferencias sólo en el N ($p \leq 0.0001$) y el P ($p \leq 0.0152$) y por efecto del sustrato sólo en P y K ($p \leq 0.0001$). La concentración mayor de los tres nutrientes en el follaje se presentó en los tratamientos S2. En las interacciones sustrato-dosis, sustrato-fertilizante, fertilizante-dosis y sustrato-fertilizante-dosis no hubo diferencias significativas de los tres macro nutrientes, con excepción de la interacción sustrato-dosis para el P ($p \leq 0.0160$). En los tratamientos 6, 12, 15 y 18 se registró la asimilación mayor de N, P, K (Cuadro 4).

La concentración mayor de N se presentó en los tratamientos con Multicote®, la de P en los tratamientos con Osmocote® y la de K fue similar con los tres fertilizantes. Este patrón correspondió con los

coincided with the percentage contents of the corresponding nutrients in the fertilizers used.

In a study of seedling quality indicators for forest nurseries, Prieto and Sáenz (2011) proposed the following foliage nutrient concentrations for native pines: 1.1 to 3.5 % N; 0.1 to 0.6 % P and 0.2 to 2.5 % K. With this scale, it is possible to determine that the produced plants had the recommended concentrations of N, P and K in treatments 3, 6 and 9 (S1 Basacote™, Multicote™ and Osmocote™ 8 g L⁻¹), and in treatments 12, 14, 1, 17 and 18 (S2 Basacote™ 6 and 8 g L⁻¹, Multicote™ and Osmocote™ 8 g L⁻¹). The latter dosage coincides with those used in other studies with forest species produced in trays with peat moss substrates and CRF: *Pinus canariensis* Chr. Sm.

contenidos porcentuales de los mismos nutrientes en los fertilizantes utilizados.

En un estudio sobre indicadores de calidad de planta para viveros forestales, Prieto y Sáenz (2011), propusieron las siguientes concentraciones de nutrientes en el follaje para los pinos nativos: 1.1 a 3.5 % N; 0.1 a 0.6 % P y 0.2 a 2.5 % K. Con esta escala es posible establecer que la planta producida presentó las concentraciones recomendadas de N, P y K, en los tratamientos 3, 6 y 9 (S1 Basacote[®], Multicote[®] y Osmocote[®] 8 g L⁻¹) y en los tratamientos 12, 14, 15, 17 y 18 (S2 Basacote[®] 6 y 8 g L⁻¹, Multicote[®] y Osmocote[®] 8 g L⁻¹). Estas últimas dosis coinciden con las usadas en otros estudios con especies forestales producidas en charolas, con sustratos de turba de musgo y FLC: *Pinus canariensis* Chr. Sm. Ex DC., con 7 g L⁻¹ de Osmocote[®] 18-6-12 de 6 a 7 meses (Díaz *et al.*, 2004); *Pinus halepensis* Mill., con 7 g L⁻¹ de Osmocote[®] (17-10-10 de 12 a 14 meses), Oliet *et al.* (2004); *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco., con 7 g L⁻¹ de Osmocote[®] Plus 18-6-12 de 6 a 7 meses, (Jacobs *et al.*, 2003).

Contenido residual de N, P y K en los fertilizantes

Nueve meses y medio después de la siembra, el contenido residual de N, P y K en los gránulos de los fertilizantes fue 24.8, 34.6 y 44.7 % en Basacote[®], 14.6, 25.5 y 39.8 % en Multicote[®] y 12.8, 38.4 y 33.3 en Osmocote[®]. Algunos autores coinciden en señalar que el N se libera en proporción mayor cuando la temperatura de 21 °C es constante, y sigue el K y el P (Rose *et al.*, 2004; Jacobs, 2005; Broschat, 2005; Newman *et al.*, 2006); este patrón se presentó en Osmocote[®], en tanto que el patrón de Multicote[®] y Basacote[®] cambió de mayor a menor para N, P y K.

Al final del periodo de liberación de los nutrientes retenidos en los tres FLC la presión osmótica en el interior de los gránulos se reduce y puede permanecer en ellos de 10 a 20 % del contenido inicial señalado en las etiquetas (Sword *et al.*, 2001; Jacobs, 2005; Landis y Dumroese, 2009). Las cantidades mayores de nutrientes retenidos en el estudio pudieron deberse a las temperaturas bajas, de 12 a 14 °C, en el vivero de octubre a marzo. Al respecto, las etiquetas en los productos comerciales indican que las temperaturas bajas extienden la vida útil del FLC, y aumentan el periodo de liberación de los nutrientes.

Ex DC., with 7 g L⁻¹ Osmocote[™] 18-6-12, 6 to 7 months (Díaz *et al.*, 2004); *Pinus halepensis* Mill., 7 g L⁻¹ Osmocote[™] (17-10-10, 12 to 14 months), Oliet *et al.* (2004); *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, 7 g L⁻¹ Osmocote[™] Plus 18-6-12, 6 to 7 months, (Jacobs *et al.*, 2003).

Residual N, P and K content in fertilizers

Nine and a half months after sowing, the residual N, P and K content of fertilizer granules was 24.8, 34.6 and 44.7 % in Basacote[™], 14.6, 25.5 and 39.8 % in Multicote[™] and 12.8, 38.4 and 33.3 % in Osmocote[™]. Some authors coincide in pointing out that N is released faster when the temperature is constant at 21 °C, followed by K and P (Rose *et al.*, 2004; Jacobs, 2005; Broschat, 2005; Newman *et al.*, 2006). This pattern occurred in Osmocote[™], whereas the pattern of Multicote[™] and Basacote[™] changed from more to less for N, P and K.

At the end of the nutrient release period of the three CRF, osmotic pressure inside the granules decreases, and 10 to 20 % of the initial content stated on the labels remains (Sword *et al.*, 2001; Jacobs, 2005; Landis and Dumroese, 2009). The larger quantities of retained nutrients may have been due to low temperatures (12 to 14 °C) in the nursery from October to March. In this respect, the labels on the commercial products indicate that low temperatures extend the useful life of the CRF, and thus the period of nutrient release increases.

CONCLUSIONS

Pinus montezumae plants with a stem diameter larger than 6 mm and concentrations of N>1.1, P>0.1 and K>0.2 in foliage, considered suitable for reforestation, were obtained with 8 g L⁻¹ of the three CRF in the pine sawdust substrate (S1), which had an average cost of US\$ 0.013 per plant. In the peat moss substrate (S2), seedlings with these characteristics were obtained in the treatments with 6 g L⁻¹ Multicote[™] and Osmocote[™] and in those with 8 g L⁻¹ of Basacote[™]; the average cost was US\$ 0.024 per plant. In both substrates, the treatments with Multicote[™] were the least expensive.

The fertilizers used retained 15 to 45 % of the initial N, P, and K in the granules. For this reason, to produce *P. montezumae* plants with more biomass

CONCLUSIONES

Las plantas de *Pinus montezumae* con un diámetro de tallo mayor a 6 mm, y concentraciones de N>1.1, de P>0.1 y de K>0.2 en el follaje, consideradas como apropiadas para reforestación, se obtuvieron con 8 g L⁻¹ de los tres FLC en el sustrato de aserrín de pino (S1), con un costo promedio de US\$ 0.013 por planta por concepto de sustrato y fertilizante. En el sustrato de turba (S2) la planta con esas características se obtuvo, en los tratamientos con 6 g L⁻¹ de Multicote® y Osmcote® y de 8 g L⁻¹ de Basacote®, y el costo promedio de US\$ 0.024 por planta. En ambos sustratos, los tratamientos con Multicote® fueron los más económicos.

Los fertilizantes utilizados retuvieron en el interior de los gránulos de 15 a 45 % de N, P, K por lo que para producir planta de *P. montezumae*, con más biomasa y concentración mayor de nutrimentos en el follaje la producción debería programarse con periodos de crecimiento de 10 y 11 meses en viveros que utilicen sustratos, contenedores y con condiciones ambientales similares a las del presente estudio.

LITERATURA CITADA

Aldana B., R., y M. Aguilera R. 2003. Procedimientos y Cálculos Básicos Útiles en la Operación de Viveros que Producen en Contenedor. Documento Técnico. Programa Nacional de Reforestación. CONAFOR. Guadalajara, Jalisco, México. 41 p.

Bautista Z., N., V. M. Cetina A., J. A. G. Vera C., y C. T. Cervantes M. 2005. Evaluación de la calidad de brinzales de *Pinus montezumae* Lamb., producidos en el vivero San Luis Tlaxiatalmalco, Distrito Federal. Ra Ximhai 1: 167-176.

Broschat, T. K. 2005. Rates of ammonium-nitrogen, nitrate-nitrogen, phosphorus, and potassium, from two controlled-release fertilizers under different substrate environments. HortTechnology 15: 332-335.

CONAFOR (Comisión Nacional Forestal). 2014. Objetivo Específico 1 del Monitoreo y Evaluación Complementaria de los Apoyos de Reforestación y Suelos 2012. Documento técnico. Guadalajara, Jalisco, México. pp: 178-187.

CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). 2014. Normales Climatológicas-Servicio Meteorológico Nacional. http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=42&Itemid=75 (Febrero 2014).

Díaz L., V. C., J. Climent M., J. Peters, E. Pérez M., J. Puértolas S., D. Morales M., M.S. Jiménez P., y L. Gil S. 2004. Evaluación de la calidad de plántulas de *Pinus canariensis* cultivadas con diferentes métodos en la supervivencia y crecimiento en campo. Cuad. Soc. Esp. Cien. For. 17: 63-67.

Di Rienzo J., A., F. Casanoves, G. Balzarini M., L. González, M. Tablada, y W. Robledo C. 2008. InfoStat, versión 2008,

and higher concentrations of nutrients in the foliage, production should be programmed for growth periods of 10 and 11 months in nurseries that use substrates and containers similar to those of our study and in similar environmental conditions.

—End of the English version—



Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

Hoitink, H. A. J., A. G. Stone, and D. Y. Han. 1997. Supresión de enfermedades de plantas mediante compost. Agron. Costarricense 21: 25-35.

Jacobs, D. F. 2005. Variation in nutrient release of polymer-coated fertilizers. USDA, Forest Service. Proc. RMRS-P-35: 113-118.

Jacobs, D. F., R. Rose, and D. L. Haase. 2003. Ecophysiological response of douglas-fir seedlings to polymer-coated fertilizer. USDA, Forest Service. Proc. RMRS-P-28: 84-88.

Landis, T. D., R. W. Tinus, S.E. Mc Donald, and J. P. Barnett. 1990. Containers and Growing Media, Vol. 2. The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbook 674. USDA, Forest Service. Washington, DC. USA. 88 p.

Landis, T. D., and R. K. Dumroese. 2009. Using polymer-coated controlled-release fertilizers in the nursery and after outplanting. Forest Nursery Notes. USDA, Forest Service. Winter 2009: 5-12.

Maldonado B., K. R., A. Aldrete, J. López U., H. Vaquera H., y V. M. Cetina A. 2011. Producción de *Pinus greggii* Engelm. en mezclas de sustrato con hidrogel y riego en vivero. Agrociencia 45: 389-398.

Mateo S., J. J., R. Bonifacio V., S. R. Pérez R., L. Mohedano C., y J. Capulín G. 2011. Producción de *Cedrela odorata* L., en sustrato a base de aserrín crudo en sistema tecnificado en Tépcan de Galeana, Guerrero, México. Ra Ximhai 7: 123-132.

Mathers, H. M., S. B. Lowe, C. Scagel, D. K. Struve, and L. T. Case. 2007. Abiotic factors influencing root growth of woody nursery plants in containers. HortTechnology 17: 151-162.

Newman, P. J., J. P. Albano, D. J. Merhaut, and E. K. Blythe. 2006. Nutrient release from controlled-release fertilizer in a neutral-pH substrate in an outdoor environment: I. Leachate electrical conductivity, pH and nitrogen, phosphorus and potassium concentrations. HortScience 41: 1674-1682.

Oliet, J., R. Planelles, M. L. Segura, F. Artero, and D. F. Jacobs. 2004. Mineral nutrition and growth of containerized *Pinus halepensis* under controlled-release fertilizer. Scientia Horticulturae 103: 113-129.

Perry, P. J. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, Oregon. 231 p.

Prieto R., J. A., y J. T. Sáenz R. 2011. Indicadores de Calidad de Planta en Viveros Forestales de la Sierra Madre Occidental. Libro Técnico Núm. 3. Campo Experimental Valle del

- Guadiana. Centro de Investigación Regional Norte Centro. INIFAP. Durango, Dgo. 210 p.
- Reyes R., J., A. Aldrete, V. M. Cetina A., y J. López U. 2005. Producción de *Pinus pseudostrabus* var. *apulcensis* en sustratos a base de aserrín. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 11: 105-110.
- Rose, R., D. L. Haase, y E. Arellano. 2004. Fertilizantes de entrega controlada: potencial para mejorar la productividad de la reforestación. Bosque 25: 89-100.
- Rueda S., A., J. D. Benavides S., J. A. Prieto R., J. T. Sáenz R., y G. Orozco G. 2010. Calidad de Planta Producida en los Viveros Forestales de Jalisco y Nayarit. Libro técnico Núm. 2. Campo Experimental Centro Altos de Jalisco, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. INIFAP. Guadalajara, Jal. 16 p.
- Sáenz R., J. T., F. J. Villaseñor R., H. J. Muñoz F., A. Rueda S., y J. A. Prieto R. 2010. Calidad de Planta en Viveros Forestales de Clima Templado en Michoacán. Folleto técnico Núm. 17. Campo Experimental Uruapan, Centro de Investigación Regional Pacífico Centro. INIFAP. Uruapan, Mich. 48 p.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Anuario Estadístico de la Producción Forestal 2012. México, D.F. pp: 44-46.
- Sword S., M.A., S. J. S. Jung, and J. D. Haywood. 2001. Longleaf pine root system development and seedling quality response to copper root pruning and cavity size. South. J. Appl. For. 35: 5-11.
- Zavala Z., D., y R. Hernandez C. 2000. Análisis del rendimiento y utilidad del proceso de aserrío de trocería de pino. Madera y Bosques 6: 41-55.