

Ra Ximhai

Revista de Sociedad, Cultura y Desarrollo
Sustentable

Ra Ximhai
Universidad Autónoma Indígena de México
ISSN: 1665-0441
México

2011

**PRODUCCIÓN DE (*Cedrela odorata* L.) EN ASERRÍN CRUDO CON DIFERENTES
DOSIS DE FERTILIZACIÓN, EN TECPAN DE GALEANA, GUERRERO**

José Justo Mateo-Sánchez; Rigoberto Bonifacio-Vázquez; Sergio Rubén Pérez-Ríos; Juan
Capulín-Grande y Leopoldo Mohedano-Caballero
Ra Ximhai, enero-abril, año/Vol. 7, Número 1
Universidad Autónoma Indígena de México
Mochicahui, El Fuerte, Sinaloa. pp. 195-204.



e-revist@s

PRODUCCIÓN DE (*Cedrela odorata* L.) EN ASERRÍN CRUDO CON DIFERENTES DOSIS DE FERTILIZACIÓN, EN TECPAN DE GALEANA, GUERRERO

(*cedrela odorata* L.) PRODUCTION IN RAW SAWDUST AND DIFFERENT FERTILIZING DOSES IN TECPAN OF GALEANA, GUERRERO

José Justo Mateo-Sánchez¹; Rigoberto Bonifacio-Vázquez²; Sergio Rubén Pérez-Ríos¹; Juan Capulín-Grande¹; Leopoldo Mohedano-Caballero¹

Profesor Investigador. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo.¹. Pasante de Ingeniería Forestal. Instituto de Tecnológico Regional de Morelia, Michoacán².

RESUMEN

Entre los principales problemas que se presentan en la producción de planta en vivero está el uso adecuado de sustratos y rutinas de fertilización que conduzcan a lograr la calidad tanto morfológica como fisiológica de la planta, para resistir y superar las condiciones ambientales del sitio donde serán establecidas. En este trabajo se evaluaron los efectos de diferentes niveles de fertilizante de liberación lenta sobre el crecimiento inicial de *Cedrela odorata* L. (cedro rojo), producidas en contenedor. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar donde se utilizó un sustrato a base de 70% de aserrín + 30% de peat moss-agrolita-vermiculita (60:20:20) respectivamente, con cuatro niveles de fertilizante de liberación lenta Osmocote plus® (15-9-12) 0, 6, 9 y 12 Kg/m³. A los tres meses y medio de edad, las plantas a las que se les aplicó el nivel de fertilización cuatro (12kg/m³ del fertilizante) presentaron los valores más altos para las variables peso seco de parte aérea, peso seco de la raíz, peso seco total, relación parte aérea/raíz, índice de esbeltez e índice de calidad de Dickson. El nivel de fertilización tres (nueve Kg/m³ de fertilizante) presentó los valores más altos para las variables de altura y diámetro. De acuerdo a los resultados obtenidos se presentó una relación directa entre la dosis de fertilización y las variables evaluadas, es decir a medida que se aumento la cantidad de fertilizante se incremento el valor de las variables evaluadas. Sin embargo, la aplicación de 12 kg/m³ de fertilizante ocasiono un ligero efecto de fitotoxicidad que se manifestó en una breve disminución en las variables de altura y diámetro en comparación con el tratamiento de 9 kg/m³, el cuál, dio como resultado los valores más altos de dichas variables. Por esta razón, y el hecho de que no hubiese diferencia estadísticamente significativa en los datos que arrojaron estos dos tratamientos (9 y 12 kg/m³) en todas y cada una de las variables evaluadas para la ejecución de este trabajo, se considera como técnicamente mejor el tratamiento de 9 kg/m³. Aunado a esto, es pertinente recalcar que en términos económicos, también el tratamiento de 9 kg/m³ es mejor, pues implica un ahorro de 3kg de fertilizante por cada metro cúbico de sustrato a preparar, arrojando prácticamente los mismos resultados en comparación con el tratamiento de 12 kg/m³. Palabras clave: Sustrato, aserrín, dosis fertilizante, crecimiento planta.

SUMMARY

One of the main problems of nursery plant production is the proper use of substrates and fertilization routines to achieve morphological and physiological plant quality, to resist and overcome environmental conditions for country establishment. This study evaluated the effects of different levels of slow-release fertilizer on early growth of *Cedrela odorata* L., in container production. A completely randomized experimental design was used with a substrate composed by sawdust (70%) and a peat moss-perlite-vermiculite mixture -60:20:20- respectively (30%), four levels of slow-release fertilizer Osmocote Plus™ (12/09/1915) 0, 6, 9 and 12 Kg/m³, as factors. After three and half months plants with fourth fertilization level (12kg/m³) showed the highest values for shoot dry weight, root dry weight, total dry weight, shoot / root ratio, and quality indexes (slenderness and Dickson). Fertilization level 3 (9 Kg/m³ fertilizer) had the highest values for height and diameter. According to results there is a direct relationship between fertilization rate and studied variables, as fertilizer rate increases these will increase too. However, the application of 12 kg/m³ caused a slight phytotoxicity effect leading to decline plant height and diameter, compared with treatment of 9 kg/m³. According this and no statistical significance difference of these two treatments data, 9 kg/m³ treatment is technically the best one in technical and economic sense, because of it implies savings of 3 kg fertilizer per cubic meter in substrate, than of 12 kg/m³ treatment with almost the same results.

Key Words: Substrate, sawdust, fertilizing doses, plant growth.

INTRODUCCIÓN

La producción de planta forestal en México para el ciclo 2004 fue de 169 884 890 árboles (SEMARNAT, 2005). Esas plantas se utilizaron principalmente en programas masivos de reforestación en áreas rurales donde la calidad de planta producida en vivero influye en la sobrevivencia en campo. Las prácticas culturales inapropiadas en vivero afectan la sobrevivencia en campo (Jonson y Cline, 1991). Estas prácticas afectan directamente las características morfológicas y fisiológicas de las plantas, tanto en la parte aérea como radical, en las cuales se expresa

la calidad de la planta. A pesar de que éste es un factor importante durante el proceso de producción en vivero, la calidad de planta ha recibido poca atención en México (Aldrete, 2001). El uso apropiado de fertilizantes en los viveros forestales es vital para incrementar la calidad de la planta, ya que un régimen de nutrición correcto mejora su calidad y favorece su nivel de desempeño en condiciones de campo (Landis, 1989). No obstante, aún no se han estudiado los requerimientos nutrimentales en particular para cada especie forestal. La producción de planta sana depende de un adecuado suministro de nutrimentos. Aún con una buena mezcla de suelo, el crecimiento de los árboles en envase necesita la adición de minerales suplementarios, especialmente nitrógeno y potasio (Hartmann y Kester, 1990). Una dosis balanceada o con los requerimientos apropiados de nutrimentos, mejora la morfología y fisiología de las plantas de acuerdo con los estándares establecidos en cada vivero (Cano *et al.*, 1998), lo que reduce el tiempo de mantenimiento y proporciona características de vigor y calidad a las plantas (Arteaga y Bautista, 1999).

Los viveros que utilizan fertilizantes de liberación lenta utilizan la dosis de 5 Kg/m³ de sustrato, que es la recomendada por la compañía que distribuye el producto. Sin embargo, en forma adicional se aplica fertilizante soluble que se incluye en el riego. En los últimos años el aserrín se ha utilizado como sustrato generando buenos resultados, sin embargo cuando se utilicen altas cantidades de este subproducto de la industria maderera, deben aplicarse los requerimientos nutricionales adecuados (Mateo, 2002; Reyes, 2005). Por lo tanto, en el presente trabajo se pretende evaluar diferentes dosis de fertilizante de liberación lenta, en un sustrato compuesto por 70% de aserrín + 30% de peat moss-agrolita-vermiculita (60:20:20) respectivamente, sobre el crecimiento inicial de plantas de *Cedrela odorata* L. producidas con el sistema tecnificado. El objetivo fue determinar el nivel óptimo de fertilizante por aplicar en un sustrato a base de aserrín crudo para la producción de *Cedrela odorata* L.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del experimento

El experimento se instaló en el vivero forestal el Cerrito, que se encuentra ubicado en la población de Tecpan de Galeana, Guerrero, entre las coordenadas 17° 11' 21.54" latitud norte y 100° 36' 51.08" longitud oeste, a una altitud de 8 msnm.

Beneficio a la semilla y aserrín

La colecta de semilla de *Cedrela odorata* L. se realizó en el mes de abril del 2010, en un predio particular, en el Municipio de Tecpan de Galeana, estado de Guerrero. Posteriormente se trasladaron en costales al vivero de Tecpan de Galeana para ser puestos al sol por 2 días, hasta que abrieron los frutos y soltaron las semillas, después se limpió la semilla, a través de corrientes de aire se separó la semilla de la basura, quedando en condiciones para ser sembrada.

El aserrín fresco de *Pinus sp.* se obtuvo de un aserradero ubicado en uno de los barrios de Tecpan de Galeana. Se homogeneizó con una criba de 10 mm de abertura por lo que las partículas de aserrín que se utilizaron para el presente experimento fueron menores a 10 mm; el aserrín no recibió ningún tratamiento de composteo utilizándolo tal como se extrajo del aserradero por lo cual se le denominó aserrín crudo.

Preparación del sustrato para el crecimiento de las plantas

Se utilizó un sustrato a base de 70% de aserrín crudo tal como sale del proceso de aserrio sin ningún proceso de composteo, a este se le agregó 30% de peat moss-agrolita-vermiculita (60:20:20) respectivamente. Estos materiales se mezclaron lo mejor posible y se aplicó agua hasta capacidad de contenedor.

Fertilización

El experimento consistió en aplicar diferentes dosis de fertilización a la mezcla de sustrato según el nivel de fertilización que le correspondía, el fertilizante que se utilizó fue Osmocote plus[®], (15-9-12) más micro elementos, con un tiempo de

liberación de nueve meses. Las dosis de fertilización fueron clasificadas en cuatro niveles siendo estos nivel 1 (0 kg/m³), nivel 2 (6 kg/m³), nivel 3 (9 kg/m³) y nivel 4 (12 kg/m³)

Trasplante de plantas

En cada una de las cavidades de las charolas se hizo la siembra directa de *Cedrela odorata* L. a una profundidad de 2 veces el diámetro de la semilla. La cantidad de plantas fue de 147 plantas por tratamiento y 1 617 plantas para el total del experimento. La siembra directa se hizo en la primera semana de abril del 2010.

Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, utilizando tablas de números aleatorios para la distribución de los tratamientos y con ello uniformizar el efecto de respuesta.

Las plantas permanecieron en el vivero con malla sombra durante tres meses y medio, aplicándoles riegos diarios en el primer mes. A partir del segundo mes se les aplicó un riego cada tercer día, esto hasta completar el tiempo de permanencia en el vivero.

Variables evaluadas en las plantas

Después de tres meses y medio de crecimiento de las plantas, estas se evaluaron mediante muestreo de tres plantas por charola en cada una de las repeticiones del experimento, seleccionándolas aleatoriamente. Para medir las variables se procedió a desprender las plantas de la cavidad y exponer la parte radical directamente a chorro con agua de llave con el objetivo de desprender el sustrato y medir peso de raíz. Las variables medibles fueron altura y diámetro de base del tallo.

Para la medición de la altura se utilizó una regla graduada en centímetros y para medir el diámetro se utilizó un vernier digital con aproximación a centésimas de mm. Todas las plantas son etiquetadas para su identificación en su traslado al Laboratorio de Semillas Forestales del Centro de Investigaciones Forestales (CIF), del Instituto de Ciencias Agropecuarias

perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo; a las plantas les fue separada la raíz de la parte aérea, teniendo ambas partes separadas fueron depositadas en bolsas de papel en una estufa marca Grieve modelo LW-120C a 70°C donde se mantuvieron durante 72 horas. Concluido este tiempo se pesó la parte radical y aérea para obtener el peso seco.

Con los datos anteriores se estimaron el índice de esbeltez, la relación parte aérea/raíz y el índice de calidad de Dickson. El índice de esbeltez se calculó mediante el cociente de la altura en cm entre el diámetro del tallo en mm. La relación parte aérea/raíz se estimó como el cociente entre el peso de la parte aérea en gramos y el peso seco de la raíz en gramos.

El índice de calidad de Dickson (ICD) resultó de integrar los valores de biomasa total, el índice de esbeltez y la relación parte aérea/raíz (Dickson *et al.* 1960), donde los valores más altos indicaron plantas de mejor calidad (Thompson, 1985).

$$ICD = \left[\frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)} + \frac{\text{Peso seco aéreo (g)}}{\text{Peso seco radial (g)}}} \right]$$

Análisis estadístico

Los datos de las variables respuesta se sometieron a un análisis de varianza tradicional, también se realizó una comparación de medias a través de la prueba de Tukey, para ello se utilizó el software Statistical Analysis System (SAS, 1999).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (Cuadro 1), fue altamente significativo para las variables, altura (ALT), diámetro (DIAM), peso seco de la parte aérea (PSPa), peso seco de la raíz (PSR), peso seco total (PST), relación peso seco de la parte aérea entre peso seco de la raíz (PSPa/PSR), relación altura diámetro ó índice de esbeltez (IESB) e índice de calidad de Dickson (ICD).

Cuadro 1. Análisis de varianza para las variables evaluadas en los tratamientos de fertilización.

F.V.	G.L.	Cuadrado medio de significancia							
		ALT	DIAM	PSPa	PSR	PST	PSPA/PSR	IESB	ICD
Trato	3	2059.177*	10.619*	2.743*	0.337**	4.881**	2.221**	28.835*	0.015**
Error	20	13.669	0.537	0.082	0.027	0.094	1.98	0.708	0.001

Las letras en cada columna representan diferencia estadísticamente significativa según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de Tukey a un nivel de $p = 0.05$.

En el Cuadro 2, se presenta la influencia de los cuatro tratamientos de fertilización en el crecimiento de cedro rojo.

Cuadro 2. Influencia de los cuatro tratamientos de fertilización en el crecimiento de plantas de *Cedrela odorata* L. en las variables evaluadas.

	Tratamientos. Niveles de Fertilización			
	0	6	9	12
ALT(cm.)	10.917 c	39.667 b		
DIAM(mm.)	4.55 b			
PSPa(g.)	0.4167 c	1.3333 b		
PSR(g.)	0.2333 b			
PST(g.)	0.6500 c	2.0333 b	2.5167 ab	
PSPA/PSR				
(IESB)	2.4333 c	5.4833 b		
(ICD)	0.10167 b			

Las letras en cada columna representan diferencia estadísticamente significativa según el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de DMS a un nivel de $p = 0.05$.

De manera general, en el presente trabajo se presentó una relación directa entre las dosis de fertilización y todas las variables evaluadas: ALT, DIAM, PSPa, PSR y PST, es decir que a medida que se aumentó la cantidad de fertilizante, los valores para cada variable se incrementaron en la misma forma. Sin embargo, en las dos dosis más altas los resultados obtenidos fueron similares y no presentaron diferencia estadística significativa

El bajo desarrollo que se presentó en algunas plantas de *Cedrela odorata* L. se puede explicar por el sustrato utilizado, ya que contiene un alto porcentaje de aserrín (70%). La característica del aserrín de un alto valor de su relación C/N influye negativamente en el crecimiento de la planta si no se aportan nutrimentos, la planta no se desarrolla satisfactoriamente debido a que bajo condiciones de cero fertilizante el aserrín no proporciona nutrimentos por lo que el desarrollo de las plantas fue mínimo, presentando plantas suprimidas con colores mayormente amarillos con aspectos de debilidad.

La contraparte fue cuando se aplicó fertilizante y se fue incrementando la dosis, ya que las plantas fueron presentando incrementos en altura y diámetro, adquiriendo mejores características de vigor debido a que el fertilizante en el sustrato aporta no sólo nitrógeno si no que otros nutrimentos que son asimilados por la planta; Binkley (1993), asevera que el crecimiento de la planta, puede ser reducido y al mismo tiempo modificado por la retención de algún elemento en particular. La retención de nitrógeno o fósforo tiende a restringir el crecimiento en altura más que el crecimiento en la raíz; lo que explica lo sucedido en el presente trabajo ya que los mayores valores para las variables estudiadas se presentaron con la dosis de 12 kg/m^3 , a excepción de la altura y el diámetro, los cuales presentaron los mayores valores cuando se le aplicaron nueve kg/m^3 , aunque como ya se dijo, los resultados obtenidos entre estos dos tratamientos no tienen una diferencia significativa entre sí.

Keller (1967) y Ruano (2003) mencionan que el nitrógeno es el elemento nutritivo que más necesitan las plantas para desarrollarse. Desempeña funciones fundamentales en la planta como la participación en la formación de compuestos orgánicos, como las proteínas, los nucleótidos y la clorofila, e influye de manera notable en el crecimiento vegetativo (Zottl y Tschinkel, 1971). Esto podría explicar los resultados obtenidos en este trabajo, dado que los mejores valores para las variables se presentaron cuando se les

adiciono 12 kg/m³ del fertilizante de lenta liberación, siendo en este tratamiento donde las plantas tuvieron la mayor cantidad de nitrógeno disponible reflejándose en el buen crecimiento de las plantas.

Las variables de altura y diámetro fueron las únicas variables que no presentaron relación directa entre la dosis de fertilizante y sus valores. Los valores más altos para estas variables se presentaron con la dosis de nueve kg/m³, esto podría indicar que para un óptimo desarrollo fisiológico de la planta, en estas variables, con un sustrato con 70% de aserrín basta aplicarle nueve kg/m³. Gallegos (1989) y Ruano (2003) mencionan que a pesar de la acción positiva del nitrógeno, es aconsejable evitar dosis excesivas y desequilibradas en relación a otros elementos. Ya que de presentarse provocaría un desarrollo desequilibrado de la parte aérea y radical. Por otra parte Zottl y Tschinkel (1971), mencionan que los elementos nutritivos que influyen mayormente en el desarrollo del sistema radical son el fósforo y el potasio lo que podría explicar el comportamiento de esta variable debido a que la raíz no necesita altas dosis de nitrógeno y puede provocar fitotoxicidad. Por esta razón se deduce que las variables referidas (diámetro y altura) lograron sus valores máximos en el tratamiento de 9 kg/m³, pues en el de 12 kg/m³ presentó fitotoxicidad para las plantas.

Por otra parte, aunque el N-P-K son macronutrientes esenciales para el buen crecimiento de las plantas no se debe olvidar que los micronutrientes son también importantes en el desarrollo de éstas, tomando en cuenta que desempeñan funciones específicas que de no ser realizadas la planta presentaría deficiencias en su funcionamiento. Ruano (2003) dice que los microelementos son totalmente necesarios para las plantas, pero que, generalmente, están presentes en cantidades suficientes en casi todos los terrenos. Menciona que un suelo tiene que estar excesivamente agotado por numerosos cultivos intensivos durante muchos años, para que le falte algunos de los microelementos. Daniel *et al.* (1982) mencionan que las regiones que son

productivas pueden presentar un descenso de la producción o la aparición de síntomas de deficiencia como resultado de la falta o eliminación excesiva de algún elemento menor, en particular. Por lo anterior se consideró importante aplicar también los microelementos debido a que el aserrín crudo por sí solo no proporciona nutrimentos.

Los resultados obtenidos con la utilización de fertilizante de lenta liberación en altos porcentajes de aserrín, son sobresalientes al comparar los resultados con el tratamiento al que no se le aplicó fertilizante, considerado como testigo. Estos resultados confirman los datos de Pudelski (1978) y Boodley (1998) quienes aseguran que el aserrín crudo puede ser utilizado como medio de crecimiento si se agrega una cantidad de fertilizante nitrogenado como nitrato de amonio. En un estudio similar realizado por Reyes (2005) se encontró que las plantas de *Pinus patula* que se desarrollaron en los sustratos con una mezcla de 80 y 90% de aserrín, con una dosis de cinco kg/m³ de fertilizante de lenta liberación Multicote (18-6-12) presentaron los valores más altos para las variables diámetro, altura, peso seco de la raíz y peso seco de la parte aérea. Por lo que se puede decir que al utilizar altos porcentajes de aserrín crudo es indispensable realizar los ajustes correspondientes con la aplicación de nutrimentos adecuados.

Otros estudios demuestran que la aplicación de fertilizante mejora la calidad de las plantas en comparación con el testigo. Boule y Fricker (1970) recomiendan la aplicación de NPK en una relación de 10-10-10 ó 19-19-19, que les ha dado buenos resultados en *Abies balsamea* y *Pinus banksiana*. Los mismos autores compararon el vigor y calidad de planta de *Pinus* creciendo bajo diferentes regímenes de nutrimentos, indican que las plantas a las que se les aplicaron todos los elementos esenciales fueron las más vigorosas y presentaron el mayor crecimiento. Según Mead (1975), el nitrógeno influye de manera determinante en el crecimiento de los brinzales de algunas coníferas como *Pinus radiata* en donde encontró que al aplicar urea recubierta con azufre produjo

casi un 35% de incremento respecto al testigo. Bangash y Sheik (1981) reportaron que en plántulas de un año, de *Pinus ruxberghii*, aplicando combinaciones de nitrógeno, fósforo y potasio hubo un incremento significativo comparado con el testigo sin aplicación.

Uno de los indicadores de la calidad de planta producida en vivero es el coeficiente que resulta de dividir el peso seco de la parte aérea (PSPa) entre el peso seco de la raíz (PSR). Para esta variable no existe una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 1). De acuerdo con la prueba de comparación de medias, de Tukey, se formó un grupo (Cuadro 2). El tratamiento que contenía 12 kg/m^3 alcanzó el mayor valor para esta relación (3.05), aunque resultó estadísticamente igual ($p = 0.05$) al tratamiento que contenía nueve kg/m^3 con un valor de 3.00; seguido por el tratamiento con cero kg/m^3 con un valor de 2.0333; y el menor valor para esta variable (1.9167).

Según Thompson (1985), para especies de coníferas la relación PSPa/PSR óptima no debe sobrepasar un valor de 2.5 cuando la planta esté destinada para sitios con problemas de disponibilidad de agua. De igual forma Glen (1991) propone que para el caso de *Pinus Duranguensis* se deben producir plantas en vivero con una alta relación PA/R dentro de un rango de 2.0 a 2.5 para lograr la calidad óptima.

En especies mediterráneas del género *Pinus* y *Quercus* se ha comprobado que los rangos óptimos de relación PSPa/PSR varían entre especies (Domínguez *et al.*, 2001). No obstante, esta relación debe variar dependiendo del ambiente, especie y sistema de plantación (Romero *et al.*, 1986). Por lo anterior, las plantas que se encuentran dentro del rango óptimo, de acuerdo con Thompson (1985), fueron a las que se les aplicó el nivel tres de fertilización el cual contenía nueve Kg/m^3 . Sin embargo, el valor más alto correspondió al nivel de fertilización cuatro el cual contenía 12 Kg/m^3 con un valor de 3.05, lo cual rebasa el valor propuesto. Estas plantas tendrán problemas en sitios secos aunque en sitios con suficiente humedad, como es el

caso de las condiciones naturales del *Cedrela odorata* L. serían adecuadas. Para esta variable, Reyes (2005) reportó valores altos entre 5.93 y 6.08 los cuales según el autor no son apropiados.

La fertilización es, después del riego, la práctica cultural que más directamente influye en el desarrollo de las plantas en vivero (Landis *et al.*, 1990) por lo que ha sido objeto de estudio, como el efectuado por García y Muñoz (1998) con *Cornus disciflora* D. C. en vivero, donde los mejores índices en altura, materia seca y diámetro al cuello de la raíz, se obtuvieron adicionando tres kg/m^3 de 0-46-0 mezclado con el sustrato solo, o en combinación de 46-0-0 en solución, en cantidades de 10 ó 15 ml mensuales. Villar *et al.* (2000) en un estudio realizado con *Pinus pinea* concluyeron que las plantas más grandes y mejor nutridas, producidas en vivero, son las que mejor desarrollo presentan en campo.

Villar *et al.* (2001) analizaron el efecto de la fertilización de plántulas de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo, después del primer año de establecimiento las plántulas sin fertilizar presentaron una supervivencia y crecimiento significativamente menor que las altamente fertilizadas, lo cual coincide con lo realizado por Contardí (2003) con *Pinus ponderosa* Dougl. Ex Laws, y *P. palustris* Mill. La supervivencia, el crecimiento en altura y el estado general de las plantas fue mejor para las que recibieron una mayor dosis de fertilización nitrogenada en vivero, después del primer periodo de crecimiento en campo (Rodríguez y Duryea, 2003). En este trabajo, la tendencia fue que la dosis mas alta, de manera general, generó los mejores valores para todas las variables.

El índice de esbeltez es otro de los indicadores de la calidad de planta producida en vivero es el coeficiente que resulta de dividir la altura (ALT) entre el diámetro (DIAM). Con el fin de tener una mejor predicción de la calidad de la planta. Este índice estima el grado de resistencia de las plantas a factores ambientales adversos (Ritchie, 1984; Mexal y Landis, 1990). No se han establecido estándares para este

índice, pero para minimizar el daño físico de las plantas se recomiendan valores pequeños (menores a seis) para algunas coníferas (Thompson, 1985). Para este índice obtuvimos una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 1). De acuerdo a la prueba de medias de Tukey se formaron tres grupos (Cuadro 2).

Para el presente trabajo la dosis de 12 kg/m^3 y nueve kg/m^3 de fertilizante generaron valores apropiados para el índice de esbeltez (7.1 y 7.0667); para esta variable lo que interesa es que los valores sean bajos con alto peso radicular. Los valores obtenidos en esta variable indican que las plantas producidas son de buena calidad, ya que presentaron un equilibrio entre la parte aérea y la parte radicular. Tomando en cuenta que están dentro de los valores recomendados por Thompson (1985). Para el índice de esbeltez, Reyes (2005) reporta que el valor más alto se alcanzó cuando las plántulas se desarrollaron en la mezcla compuesta por 10% de peat moss + 90% de aserrín con la dosis de tres Kg/m^3 . con un valor de 13.15, de acuerdo con el autor este valor no es apropiado ya que las plantas crecieron en altura, pero el crecimiento en diámetro no fue suficiente y fueron delgadas.

Índice de calidad de Dickson

Para este índice se obtuvo una diferencia estadística significativa ($p < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 1). El análisis de comparación de medias de Tukey agrupa este índice en dos grupos (Cuadro 2). El tratamiento que presentó el mayor valor (0.19) fue el que contenía doce kg/m^3 , seguido de los tratamientos con nueve y seis kg/m^3 con valores de 0.18333 y 0.18167 respectivamente, no siendo estadísticamente diferentes ($p = 0.05$) entre estos tratamientos; el menor valor para esta variable (0.10167) se presentó en el tratamiento con cero kg/m^3 .

En el índice de calidad de Dickson es conveniente que los valores sean altos (Dickson *et al.*, 1960). En el presente trabajo existieron diferencias estadísticas ($p < 0.05$) entre las dosis de fertilización. Lo que indica que en altas cantidades de

aserrín (>70%) es necesario una fertilización substancial. Para los valores de índice de calidad de Dickson, Reyes (2005) encontró que el valor más alto se presentó en la mezcla con 20% de peat moss + 80% de aserrín con una dosis de cinco Kg/m^3 , obteniendo un valor de 0.13. Las plantas producidas con este sustrato fueron las de mayor calidad en la etapa de vivero. Román *et al.* (2001) encontraron valores entre 0.04 y 0.06 para el índice de calidad de Dickson para *P. greggii*, lo cual no es adecuado. Las plantas que se produjeron en el presente trabajo superan por mucho a los valores que reportan los autores anteriores.

De manera general se puede decir que las plantas a las que se les aplicó la dosis de nueve kg/m^3 fueron las de mejor calidad, tomando en cuenta que para la relación PSPa/PSR y para el índice de esbeltez se obtuvieron los valores recomendados por Thompson (1985). Para la relación PSPa/PSR se obtuvo un valor de 3.0 y para el índice de esbeltez 0.18333 (< a seis que es lo recomendado), lo que significa que se obtuvieron plantas balanceadas entre la parte área de transpiración y la subterránea de absorción. De igual forma para el índice de calidad de Dickson dicha dosis presentó el segundo valor más alto (0.35). Oliet (2000) menciona que un aumento en este índice representa plantas de mejor calidad, lo cual implica que por una parte el desarrollo de la planta es grande, y que al mismo tiempo las fracciones aérea y radical están equilibradas. Por lo que se puede decir que al producir planta en sustratos con altos porcentajes de aserrín (70%), basta aplicarle nueve kg/m^3 de fertilizante ya que de aplicarle más podría presentarse un desarrollo desequilibrado entre la parte aérea y radical, o como en este caso, un decremento en el desarrollo de la planta.

Los resultados obtenidos utilizando el fertilizante de liberación lenta, coinciden con lo realizado por Oliet *et al.* (1999) al comparar dos clases del fertilizante Osmocote® en la producción de plantas de *Pinus halepensis* Mill., obteniendo calidad de plantas similares a las producidas por otros sistemas de fertilización. Oliet *et al.* (2003) encontraron que el crecimiento radical respondió significativamente a

fertilizantes de liberación lenta, lo que demuestra que éste es apropiado para la producción de planta forestal en vivero.

CONCLUSIONES

A medida que se aumentó la cantidad de fertilizante se incrementó el valor de las variables estudiadas. Sin embargo, las mayores dosis de fertilización no presentaron diferencia estadística entre ellas. Los indicadores de calidad demostraron que para producir planta de buena calidad en un sustrato compuesto por 70% de aserrín + 30% de la mezcla de peat moss-agrolita-vermiculita, basta la aplicación de nueve kg/m³ de fertilizante de liberación lenta.

BIBLIOGRAFÍA

- Aldrete, A., J.J. 2001. **Nursery cultural practices that improve seedling quality and outplanting performance in Mexican pines.** Ph. O. Thesis. New Mexico State University. Las Cruces, New México. 164 p.
- Arteaga, M., B.; Bautista, T., J. 1999. **Influencia del tamaño de envase y fertilización en el crecimiento de *Cupressus guadalupensis* S. wats., en vivero.** Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 5 (2): 149-153.
- Bangash, S.H.; Sheikh, M.I. 1981. **Growth response of *Pinus roxburghii* seedling to NPK fertilizers.** Pakistan Journal of forestry 31: (2), 77 p.
- Binkley, D. 1993. **Nutrición forestal.** Ed. LIMUSA. 1ª edición. México, D.F. 518 p.
- Boodley, W.J. 1998. **The Commercial Greenhouse.** 2nd Edition. Del mar publishers, Washington, USA. pp. 146-148.
- Boule, H.; Fricker, C. 1970. **The fertilizers treatment of forest trees.** Traslated by C.L. Whittles, F.I. biol., BVÑ. Verlagsge sellschaft Munchend, Germany. 259 p.
- Cano, P., A.; Vargas, H., J.J.; González, H., V.A.; Vera, C., G.; Cetina, A., V.M. 1998. **Caracterización morfológica de plántulas de *Pinus greggii* Engelm.** En dos sistemas de producción en vivero. Ciencia Forestal en México 23 (84): 19-27.
- Contardi, L. 2003. **Fertilización en vivero de plantines de *Pinus ponderosa*, resultando al primer año de plantación.** CIEFAP. Patagonia forestal. Año 8 No. 3. pp: 14-15.
- Daniel, T.W.; Helms, J.A.; Backer, F.S. 1982. **Principios de silvicultura.** El sitio forestal. Nutrición forestal. McGraw-Hill de México. 2da edición. México. Pp 201-212.
- Dickson, A.; Leaf, A.L.; Hosner, J.F. 1960. **Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries.** For. Chron. 36: 10-13.
- Domínguez, L., S.; Murrias, G.; Herrero, S., N.; Peñuelas, R., J.L. 2001. **Cultivo de once especies mediterráneas en vivero: Implicaciones prácticas.** Revista Ecológica 15: 213-223.
- Gallegos, M., S. 1989. **Influencia del sustrato y dosis de fertilización en el crecimiento de *Pinus cembroides* Zucc., bajo condiciones de vivero.** Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 80 p.
- García, M., J.J.; Muñoz, F., H.J. 1998. **Efecto de la fertilización química sobre el desarrollo de *Cornus disciflora* D.C. en vivero.** Ciencia forestal en México 23 (83): 41-52.
- Glen, L. 1991. **Anahuac nursery report.** PICHISA. Chihuahua. 198 p.
- Hartmann, H.T.; Kester, D.E. 1990. **Propagación de plantas (principios y prácticas).** Prentice Hall. New Jersey, USA. 647 p.
- Johnson, J.D.; Cline, M.L. 1991. **Seedling quality of southern pines.** In: M. L. Duryea and P. M. Dougherty (eds.). Forest Regeneration Manual. Kluwer Academic Publishers. Dordiecht/Boston/London, pp: 117-141.
- Keller, T.H. 1967. **The influence of fertilization on gaseous exchange of forest tree species.** Pp. 69 In: Colloquium of Forest Tree Species. Proceedings of the 5th colloquium of the International Potash Institute. J. y Waskyla, Finland.
- Landis, T.D. 1989. **The biological component: nursery pest and mycorrhizae.** USDA. Agric. Handbook, n. 674, Washington.
- _____.; Tinus, R.W.; Mc Donald, S.E.; Barnett, J.P. 1990. **Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor: medios de crecimiento.** Manual agrícola 674, Washington, DC:U.S. pp 47-67.
- Mateo, S., J.J. 2002. **Potencial del aserrín como alimento para rumiantes y sustrato para plantas.** Tesis de

- Doctorado. Colegio de Postgraduados. Montecillos, México. 92 p.
- Mead, D.J. 1975. **Trails whit sulfur coaled urea and other nitrogenous fertilizers and *Pinus radiata* in New Zeland soils.** Science Society America procceding 39 (5): 978-980.
- Mexal, J.G.; Landis, T.D. 1990. **Target seedling concepts: height and diameter.** In: R. Rose, S.J. Campbell, and T.D. Landis (eds.) Target Seedling Symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Nursery Associations, August 13-17, 1990, Roseburg, Or. USDA, Forest Service. Gen. Tech. Rep. RM-200. fort Collins, CO. pp: 17-35.
- Oliet, J. 2000. **La calidad de la postura forestal en vivero.** Escuela Técnica Superior de ingenieros Agrónomos y de Montes de Córdoba. España. 93 p.
- _____; Segura, F., M.L.; Martín, D.; Blanco, E.; Serrada, R.; Lopez, A., M.; Artero, F. 1999. **Los fertilizantes de liberación controlada lenta aplicadas a la producción de planta forestal de vivero.** Efecto de dosis y formulación sobre la calidad de *Pinus halepensis* Mill. Investigación Agraria: Sistemas Recursos Forestales 8 (2): 335-359.
- _____; Planelles, R.; Artero, F.; Martínez, M., E.; Alvarez, L., L.; Alejano, R.; Lopez, M. 2003. **El potencial de crecimiento radical en planta en vivero de *Pinus halepensis* Mill.** Influencia de la fertilización. Investigación Agraria: Sistemas Recursos Forestales 8 (2): 335-359.
- Pudelski, T. 1978. **Using waste products of wood industry and paper mills as substrates and organic fertilizers in growing vegetables under protection.** Acta Horticulturae. 82: 67-74.
- Reyes, R., J. 2005. **Prácticas culturales para mejorar la calidad de plantas de *Pinus patula* y *P. Pseudostrobus* var. *Apulcensis* en vivero.** Tesis de Maestría. Colegio de postgraduados, Montecillos, México. 95 p.
- Ritchie, G.A. 1984. **Assessing seedling quality.** In: M.L. Duryea and T.D. Landis (eds.) Forestry Nursery Manual: Production of Bareroot Seedlings. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, The Hague/Boston/Lancaster, Forest Res. Lab., Oregon State University, Corvallis, Or. USA. 65 p.
- Rodríguez, T., D.A.; Duryea, M.L. 2003. **Indicadores de calidad de planta en *Pinus palustris* Mill.** Agrociencia 37(3): 299-307.
- Román J., A.R.; Vargas, H., J.J.; Baca, C., G.A.; Trinidad, S., A.; Alarcón, B., M.P. 2001. **Crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* Engelm.** En respuesta a la fertilización. Ciencia Forestal en México 26(89): 19-43.
- Romero, A.E.; Ryder, J., J.; Fisher, T.; Mexal, J.G. 1986. **Root system modification of container stock for arid land plantings.** For. Ecol. Manage. 16: 281-290.
- Ruano, M., J.R. 2003. **Viveros forestales: Cultivo de brinzales forestales en envase. Sustrato o medio de cultivo.** Mundi-prensa. España. pp 126-143.
- SAS. 1996. **Statical Analysis Sistem.** User's Guide: Basics SAS System Institute Inc. Cary, N.C: USA.
- SEMARNAT. 2005. **Informe de la situación de Medio Ambiente en México.** Compendio de Estadísticas Ambientales.
- Thompson, B.E. 1985. **Seedling morphological evaluation: What you can tell by looking.** In: Evaluating seedling quality; Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Test. M. L. Duryea (ed.). Forest Res. Lab., Oregon State University, Corvallis, Or. USA. pp: 59-71.
- Villar, S., P.; Planells, R.; Enríquez, E.; Peñuelas, R., J.L.; Zazo, M., J. 2001. **Influencia de la fertilización y el sombreado en el vivero sobre la calidad de la planta de *Quercus ilex* L. y su desarrollo en campo.** III Congreso Forestal Español. Mesa 3: 770-776.
- Villar, S., P.; Domínguez, L., S.; Peñuelas, R., J.L.; Carrasco, M., I.; Herrero, S., N.; Nicolás, P., J.L.; Ocaña, B., L. 2000. **Plantas grandes y mejor nutridas de *Pinus pinea* tienen mejor desarrollo en campo.** 1er Simposio sobre el Pino piñonero. Valladolid, España. 1: 219-227.
- Zottl, H.W.; Tschinkel, H. 1971. **Nutrición forestal, una guía práctica FAO.** Universidad Nacional California, USA. 577 p.

José Justo Mateo Sánchez

Profesor Investigador. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo.

Rigoberto Bonifacio Vázquez

Pasante de Ingeniería Forestal. Instituto de Tecnológico Regional de Morelia, Michoacán.

Sergio Rubén Pérez Ríos

Profesor Investigador. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo.

Leopoldo Mohedano Caballero

Profesor Investigador. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo.

Juan Capulín Grande

Profesor Investigador. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo.