

ARTICULO DE INVESTIGACIÓN

Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble

Effect of substrate and density on the quality of seedlings of Mexican cedar, mahogany and *roble* (*Tabebuia*)

Patricia Negreros-Castillo¹, Maribel Apodaca-Martinez²
y Carl W. Mize³

RESUMEN

La reforestación en México es importante para recuperar la producción de las áreas deforestadas y degradadas y para mantener la de los bosques comerciales. Sólo 40% de la reforestación tienen un nivel aceptable de supervivencia. Las características de las plántulas que se utilizan, incluyendo la relación tallo/raíz de la plántula, deben tomarse en cuenta para lograr los resultados deseados (alta supervivencia y buen crecimiento en campo). Se describen las características de plántulas de *Swietenia macrophylla* King, *Cedrela odorata* L. y *Tabebuia rosea* (Bertol.) DC bajo dos densidades (100 y 50 plantas/m²) y dos sustratos [suelo y suelo + composta (S+C)] en vivero. El tratamiento S+C tuvo un efecto significativo en el crecimiento del diámetro, altura, peso de la raíz y la relación tallo/raíz de cada una de las especies. En suelo 76% de las plántulas tienen la relación tallo/raíz ≤ 3 y en S+C 21% presentaron una relación tallo/raíz < 3 . Para coníferas se recomienda tallo/raíz 2:1 para sitios secos y 4:1 para húmedos. Para las latifoliadas no se sabe cual es la relación tallo: raíz óptima. Dos meses después de llevarlas a campo, murieron más plántulas de *Swietenia* en S+C pero menos plántulas de *Cedrela* y *Tabebuia*. De las tres especies murieron las más pequeñas.

PALABRAS CLAVE:

Maderas tropicales, reforestación, relación tallo/raíz, vivero forestal

ABSTRACT

Reforestation in Mexico is important to recuperate the productivity of deforested and degraded areas and to maintain that of commercial forests. Only 40% of reforested areas have an acceptable level of survival. Characteristics of seedlings out planted, including shoot/root ratio, are essential factors for achieving the desired results of high survival and good growth after transplanting. This study describes the characteristics of mahogany (*Swietenia macrophylla* King), Spanish cedar (*Cedrela odorata* L.) and "roble" (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC) when planted at two densities (100 and 50 plants/m²) and in two substrates [soil, and soil + compost (S+C)] in a nursery. The S+C treatment had a significant effect on diameter, height, root biomass and the shoot/root ratio. In soil 76% of seedlings had a shoot/root ratio of 3.0 or less and in S+C, 21% of seedlings had a ratio less than 3.0. For conifers a ratio of 2/1 is recommended for dry sites and 4/1 for humid sites. For broadleaves the optimum shoot/root ratio is not known. Two months after transplanting in the field more *Swietenia* produced with the S+C treatment died but less *Cedrela* and *Tabebuia* seedlings did. For the three species the seedlings that died were smaller.

KEY WORDS:

Tropical woods, Reforestation, shoot/root ratio, forest nursery

- 1 INIFOR. Universidad Veracruzana. c.e.: pnegreros@uv.mx.
- 2 INIFOR. Universidad Veracruzana. c.e.: apodaca2109@yahoo.com.mx
- 3 NREM. Iowa State University. c.e.: carlmize@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La reforestación en México es una actividad importante, impulsada para contribuir a recuperar la producción de las áreas deforestadas y degradadas, así como para mantener la productividad de los bosques bien manejados. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos públicos y privados a nivel nacional, solo 40% de las áreas reforestadas tienen un nivel aceptable de supervivencia y calidad (forma y estado de salud de los árboles) (Ortega *et al.*, 2001; Wightman y Cruz, 2003; Luis *et al.*, 2004).

Son muchos y variados los factores que determinan el éxito de una plantación forestal, entre ellos están selección adecuada de la especie para la localidad geográfica, calidad genética, origen y manejo de la semilla, proceso de germinación, época de siembra, cuidados o manejo de la plantas antes (transporte) y durante la siembra y forma de siembra (Peñuelas y Ocaña, 1996; Montoya y Cámara, 1996). Sería muy difícil lograr las condiciones óptimas de cada factor que influye en el éxito de la plantación, ya que unos están completamente fuera del control humano, por ejemplo, el clima. Sin embargo un factor que muchas veces pasan por alto los propios viveristas y que permitiría un mejor establecimiento de los árboles, es la calidad de las plántulas.

La calidad de las plántulas está relacionada con su posibilidad de morir y su potencial de crecimiento después del trasplante en el campo. Sembrar plántulas de buena calidad puede reducir, en forma importante, los efectos de los factores limitantes del sitio de plantación en el establecimiento y crecimiento inicial (Peñuelas y Ocaña, 1996; Montoya y Cámara, 1996; Ortega *et al.*, 2006). Es decir, la calidad de las plántulas está asociada a la capacidad fisiológica de las mismas para adaptarse a su nuevo

ambiente y crecer a su máximo potencial. Sin embargo, es necesario tomar en cuenta que la calidad de plántulas no es un concepto absoluto, por lo cual resulta difícil establecer métodos sencillos para determinar la calidad de plántulas forestales (Sánchez y Murillo, 2004).

El concepto de calidad de planta se relaciona directamente con las etapas iniciales de crecimiento de un árbol. La vida del nuevo árbol se inicia con el proceso de germinación, la cual se lleva a cabo cuando las semillas no se encuentran en letargo y tienen un embrión vivo no quiescente, capaz de producir una nueva planta, o germinar. Después de que las reservas de la semilla se han agotado o los cotiledones se transformaron en hojas para llevar a cabo la fotosíntesis, existe lo que se puede considerar una plántula completa. A partir de esta etapa, para continuar su desarrollo, el árbol requiere de los nutrientes, humedad y energía solar presentes en el sitio de crecimiento (Hartmann *et al.*, 1985). En esta etapa debe existir un "balance" en crecimiento de los componentes de la plántula (tallo, raíz y hojas), que está controlado tanto por su información genética como por el ambiente en el que se encuentre (el vivero). En gran medida, de este balance va a depender el desempeño de la plántula en el campo, que se reflejará en la capacidad de las raíces para captar agua y nutrimentos del suelo (o sustrato en el vivero), y de la parte aérea o foliar para absorber energía luminosa mediante la clorofila y toma bióxido de carbono (CO₂) de la atmósfera para iniciar el proceso de la fotosíntesis (Rojas, 1959; Galston y Bonner, 1965; Devlin, 1980).

En esta etapa inicial en la vida del árbol, los productos de la fotosíntesis son utilizados por la plántula, a través de los procesos de respiración, de acuerdo con prioridades de crecimiento y supervi-

vencia características de esta etapa. En una plántula la prioridad principal está en la formación de nuevas hojas, las fábricas de energía de las plantas, y yemas para incrementar la actividad fotosintética. Casi al mismo nivel de importancia está la formación de "raíces nuevas" que complementan la función de la fotosíntesis al "capturar" para la planta los nutrientes y humedad que se encuentran en el suelo y que son indispensables para sintetizar (entre otros compuestos) las unidades o compuestos de crecimiento. Cuando la demanda de los productos de la fotosíntesis (carbohidratos) para la formación de nuevas hojas y raíces es satisfecha, el siguiente nivel de prioridad es el crecimiento en altura lo que le permite a la joven planta mantener un nivel satisfactorio de captación de energía lumínica. El siguiente nivel de prioridad es el crecimiento en diámetro (Galston y Bonner, 1965).

Por lo tanto el objetivo del viverista es producir plántulas "de calidad", es decir con un balance adecuado de sus componentes (tallo, raíz y hojas) para lograr una probabilidad alta de supervivencia y buen crecimiento inicial después del trasplante en campo. El viverista cuenta con una variedad de herramientas y técnicas, como la mejora de los sustratos, densidad de cultivo, riego, poda aérea y de raíz, fertilización y uso de micorrizas (Duryea, 1984; Trejo *et al.*, 2007) para modificar el balance de los componentes de las plántulas y lograr que se incrementen las posibilidades de supervivencia y crecimiento de las mismas, es decir el viverista puede producir "plántulas de calidad". Las características de dichas plántulas varían considerablemente entre especies y dependen de las condiciones del sitio en que serán transplantadas, pero una característica comúnmente encontrada como importante indicador de "calidad" es el balance del tamaño de la parte aérea y

el tamaño de la raíz (razón tallo/raíz) (Devlin, 1980; Montaldi, 1995)

Este trabajo se enfoca en las plántulas de tres especies forestales tropicales: caoba (*Swietenia macrophylla* King), cedro (*Cedrela odorata* L.) y roble (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.). Las tres son de gran importancia económica para México y toda América Latina.

OBJETIVOS

1. Evaluar la respuesta de tres especies forestales tropicales al uso de dos tipos de sustratos y dos densidades de siembra en vivero.
2. Identificar parámetros de calidad de las especies estudiadas que permitan seleccionar las plántulas antes llevarlas a campo. Este objetivo no se pudo lograr por las razones que se explican más adelante.

METODOLOGÍA

El trabajo se realizó en tres fases: la primera se llevó a cabo en un vivero, donde se produjeron las plántulas de las tres especies forestales; la segunda se llevó a cabo en un laboratorio, donde se hizo un análisis destructivo, y la tercera en un terreno del municipio de Sayula, que consistió en el trasplante de las plántulas.

En el vivero "El Refugio" se llevó a cabo la primera fase del estudio, éste se localiza en la carretera transístmica Acayucan-Salina Cruz, en el Ejido Quetzalapa, municipio de San Juan Evangelista (5 km de la comunidad Campo Nuevo). Este vivero pertenece al programa forestal del estado de Veracruz (Sedarpa). Las coordenadas son 17° 53" de latitud norte y 95° 08" de longitud oeste y la altitud es de 20 msnm. Su clima es tropical (Aw), con temperatura promedio

de 25 ° C y precipitación pluvial media anual de 1500 mm (García, 1973).

Típicamente en la mayoría de los viveros en México las plántulas se producen en bolsas de plástico negro, así se hizo en este estudio. Las dimensiones de bolsa más comunes en la región sur de Veracruz son 10 cm de diámetro por 20 cm de alto. Se utilizaron dos tipos de sustratos y dos densidades de cultivo. El primer tipo de sustrato se denominó como "suelo" que corresponde al suelo típico que utiliza el vivero, en este caso es tipo arenoso casi en un 100%, y el segundo se denominó "suelo + composta" (S+C), ya que corresponde a una mezcla de suelo típico más composta, en una relación 1:1. La composta utilizada se preparó en el vivero siguiendo el método de camas aproximadamente 30 cm arriba del nivel del suelo, en las que se mezcla biomasa verde con estiércol (de cualquier especie pecuaria, en este caso se usó de bovino), y que produce el resultado en sólo 3 meses (Wightman, 1999).

En cuanto a la densidad, el primer tratamiento se denominó "100%" que es la forma tradicional en la que se colocan las bolsas en los viveros. Es decir las bolsas se colocaron unas pegadas a las otras (aproximadamente 100 bolsas por m²). El segundo tratamiento de densidad se denominó "50%". Este tratamiento consistió en acomodar las bolsas de tal forma que se conservara un espacio vacío entre dos bolsas aproximadamente de 8 a 10 cm, es decir, una bolsa sí y otra no (aproximadamente 50 bolsas por m²). Para proporcionar soporte a las bolsas y evitar su caída se utilizó malla borreguera de 1,2 m x 5 m con cavidades de 10 cm x 10 cm.

En los alrededores del vivero, en un radio de aproximadamente 300 m se colectaron las semillas de cedro (15 de abril de 2006) y las de roble (22 de mayo

de 2006). Ambas colectas fueron realizadas por personal del vivero "El Refugio" de manera tradicional, colectando aproximadamente de 10 árboles. La semilla de caoba fue proporcionada por el campo experimental forestal San Felipe Bacalar del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias de Quintana Roo, el día 20 de abril del año 2006, colectada 25 días antes. El proceso para las semillas fue el típico que sigue el vivero, para el secado se realizó al sol directo, y para la limpieza se lanzan al aire las semillas para separar impurezas.

La germinación de las tres especies se llevó a cabo en un almácigo. El tratamiento pre-germinativo fue el mismo para el cedro y el roble y consistió en remojar la semilla en agua corriente durante 24 horas. La caoba no recibió ningún tratamiento pre-germinativo. Las tres especies se sembraron al voleo en una cama de almácigo de 15 cm de profundidad, cuyo sustrato consistió en una mezcla de suelo de vivero y composta al 1:1. Las camas del almácigo se cubrieron con una capa de hojas de casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.) para acelerar la germinación. La fecha de transplante fue diferente para cada especie debido a la diferencia del periodo de germinación entre ellas. La caoba se transplantó el 20 de abril, el cedro el día 12 de mayo y el roble el día 14 de junio de 2006. El transplante se realizó cuando las plantas alcanzaron el tamaño utilizado para este tipo de práctica, que en este vivero es de 10 cm. De esta forma la caoba, el cedro y el roble se transplantaron a los 45, 24 y 20 días después de la siembra respectivamente.

El diseño experimental utilizado fue el de parcelas subdivididas con tres repeticiones (bloques). En cada uno de los tres bloques, las parcelas grandes fueron ocupadas por las especies (caoba, cedro y roble), los sub-tratamientos (densidad 100% y densidad 50%) se aplicaron a las

parcelas medianas (grande dividida en dos) y los sub-tratamientos (suelo y S+C) se aplicaron a las parcelas chicas (mediana dividida en dos).

Durante el periodo de crecimiento de las tres especies, se realizaron principalmente dos labores de cultivo: el riego y el deshierbe. El riego fue realizado por el personal del vivero de manera tradicional, es decir cada tercer día, variando la frecuencia con la presencia de lluvias. El deshierbe se realizó de manera continua a intervalos de 8 días, procurando que el suelo se encontrara lo mas húmedo posible ya que de esta forma se evita el daño de las raíces durante en arranque de hierbas.

Al concluir la etapa de producción en vivero, 70 días después del trasplante, se llevó a cabo la segunda fase del estudio (de laboratorio o análisis destructivo). Con este propósito se seleccionó sistemáticamente una muestra representativa tomando cuatro plántulas de cada "parcela chica" siguiendo una línea diagonal entre dos esquinas opuestas. Para cada combinación de especie, sustrato y densidad se tomaron 12 plantas en total. Las plántulas se llevaron al laboratorio de suelos de la Facultad de Ciencias Agrícolas de la Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. A cada plántula se le midió el diámetro en la base y la altura. Después, con extremo cuidado, se separó el suelo para dejar al descubierto la raíz. Se separó la raíz del tallo con hojas y se colocaron por separado en bolsas de papel y se pusieron a secar en una estufa de secado durante 48 horas a una temperatura de 48° C. Una vez secas se midió el peso seco del sistema de raíz, del tallo y de las hojas.

En la tercera fase del estudio, las plantas que no se llevaron al laboratorio se combinaron en grupos de 12 plantas por tratamiento (combinación de sustrato

y densidad) y por especie sin diferenciar el bloque. Estas plántulas se sembraron el 3 de octubre de 2006 en la finca Alvarado en la comunidad de Sayula, Ver. El diseño experimental de establecimiento fue el de parcelas divididas en el que los tratamientos (combinación de sustrato y densidad) fueron las parcelas completas y las sub-parcelas fueron las especies. Cada sub-parcela contiene 2 líneas de 12 plántulas por cada especie, y se establecieron tres repeticiones de las parcelas completas. El diámetro en la base y la altura total de cada plántula se midió inmediatamente después de plantarse, y luego dos meses después. Mediciones subsecuentes estaban planeadas cada dos años, pero debido a que la cerca de alambre establecida para proteger a las plantas del ganado no se cuidó por el productor cooperante, el ganado se introdujo en la parcela causando demasiado daño, por lo que la remediación "dos años después" fue cancelada.

Los resultados se analizaron mediante el uso del paquete computacional *Statistical Analysis System* (SAS), con el procedimiento ANOVA, con un nivel de significancia de 5%.

RESULTADOS

Con base en las mediciones del análisis destructivo de las plántulas en laboratorio, para el parámetro de altura se encontró una interacción significativa sustrato-especie ($P = 0,013$) y una diferencia grande entre los dos sustratos ($P < 0,001$). Las plántulas que crecieron en suelo fueron más cortas que las que crecieron en el S+C y la diferencia en altura entre los dos sustratos fue afectada por la especie, la diferencia en altura para cedro fue el doble que el de las otras especies (Tabla 1a). También se observó una interacción especies-densidad ($P = 0,015$) y una diferencia entre las

densidades ($P = 0,007$). El tratamiento de 100% densidad produjo las plántulas más altas para cedro y caoba, pero para el roble las dos densidades produjeron plántulas de prácticamente la misma altura (Tabla 2).

Para el promedio del área de la base de la plántula se encontró una interacción significativa sustrato-especie ($P = 0,001$) y una diferencia grande entre sustratos ($P < 0,001$). Las áreas de la base de la plántula para las tres especies en suelo de vivero fueron prácticamente los mismos, pero para S+C el cedro creció en área de la base de la plántula mucho más que la caoba y el roble (Tabla 1b). La densidad no influyó en el crecimiento en área de la base de la plántula ($P = 0,14$) y ninguna de las otras interacciones fue significativa ($P > 0,29$).

Para el peso seco de la raíz, la interacción sustrato-especie también fue significativa ($P = 0,011$) y mostró una diferencia grande entre sustratos ($P < 0,001$). Similarmente para el peso seco del tallo la interacción sustrato-especie fue significativa ($P = 0,042$) y mostró una diferencia grande entre sustratos ($P < 0,001$). Para ambos pesos, ni la especie ni la densidad mostraron un efecto significativo ($P > 0,10$). Para ambos pesos la diferencia entre especies producidas en suelo no fue muy grande, en tanto que la diferencia entre suelo y S+C fue mayor para el cedro que para la caoba y el roble (Tabla 1c y d). La correlación entre el peso seco de la raíz y el peso del tallo es igual a 0,85 ($P < 0,001$).

Para la relación "biomasa del tallo (tallo y hojas)/biomasa de la raíz" (relación tallo/raíz) la única diferencia significativa fue generada por los sustratos, con promedios de 3,2 y 4,5 para suelo y para S+C, respectivamente ($P = 0,002$, error estándar = 0,4). Ni las especies ni la

densidad tuvieron un efecto significativo ($P > 0,16$).

Para analizar con mayor profundidad y detalle la relación tallo/raíz, para cada especie se hicieron gráficas de la relación tallo/raíz contra el peso seco de la raíz. Las plántulas de las tres especies que crecieron en la mezcla S+C mostraron claramente un sistema de raíz más abundante y valores de la relación tallo/raíz más altos por peso de la raíz (Fig. 1).

El crecimiento en altura, dos meses después de que las plántulas se llevaron al campo, no fue afectado ni por la especie, los dos tratamientos y ni ninguna interacción ($P > 0,11$). En tanto que el crecimiento del diámetro en la base fue diferente entre las especies ($P = 0,002$), pero no fue influenciado por ninguno de los otros tratamientos o sus interacciones ($P > 0,10$). El crecimiento promedio del diámetro en la base para caoba, cedro y roble fue de 2,7 mm; 5,4 mm y 3,6 mm (error estándar = 0,6) respectivamente.

Después de dos meses, la mortandad fue en promedio de 9,2% para todos los tratamientos. Aunque para la mortalidad si se presentó una diferencia significativa como resultado de la interacción especie-sustrato ($P = 0,029$), en cambio no se presentó ninguna para los tratamientos y otras interacciones. La mortalidad de la caoba en el tratamiento S+C fue 10 veces más grande que el de la caoba en el tratamiento "suelo", en tanto que para el cedro y el roble la mortalidad fue mayor en las plántulas del tratamiento "suelo" (Tabla 1c). Para las tres especies, el diámetro y altura promedio de las plántulas que murieron durante los dos meses fueron más pequeños que el de las plántulas sobrevivientes (diferencias entre las plántulas que vivieron y murieron: 0,6 cm, $P = 0,017$ y 3 cm, $P = 0,080$, respectivamente).

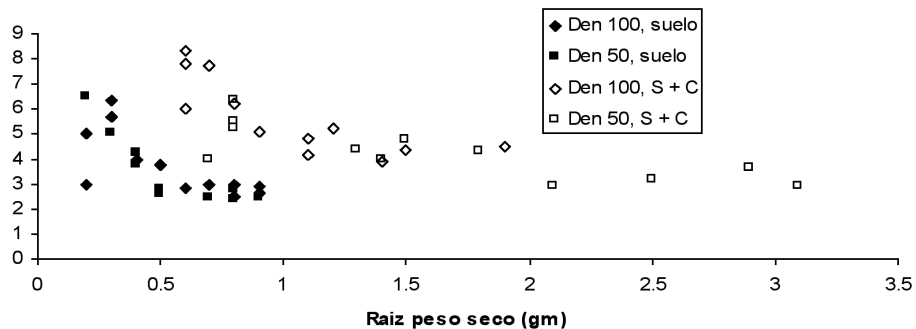
Tabla 1. Altura, diámetro, peso seco de la raíz y peso seco del tallo de las plántulas que se llevaron al laboratorio y mortalidad de las plantas sembradas por especie y tipo de suelo. Error estándar = 8; 0,5; 1,8; 3,7 y 8,5 de la comparación entre suelos por cada especie para las cinco características respectivamente.

Substrato	Caoba	Cedro	Roble
a. Altura (cm)			
Suelo	25	15	15
S+C	40	43	28
b. Área de la base de la plántula (cm ²)			
Suelo	0,14	0,14	0,12
S+C	0,33	0,55	0,36
c. Raíz peso seco (g.)			
Suelo	1,7	1,7	2,2
S+C	4,7	9,4	6,2
d. Tallo peso seco (g.)			
Suelo	4,8	2,8	3,9
S+C	19,4	24,0	17,2
e. Mortalidad (%)			
Suelo	2,1	11,4	9,0
S+C	20,8	6,0	6,3

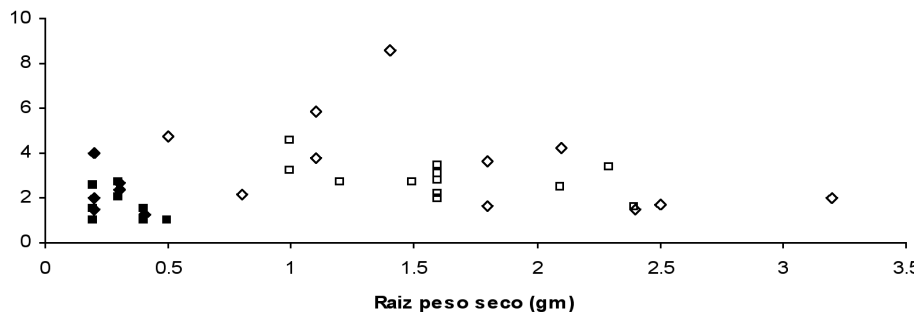
Tabla 2. Altura promedio de las plántulas que se llevaron al laboratorio por especie para las dos densidades. El error estándar = 2 de la comparación de la altura promedio entre densidades por cada especie.

Densidad	Caoba	Cedro	Roble
50%	31	26	22
100%	34	33	21

a. Caoba



b. Cedro



c. Roble

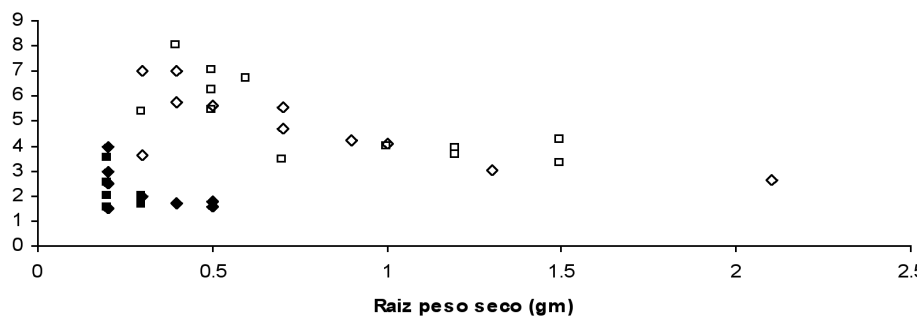


Figura 1. Relación tallo/raíz contra peso seco de raíz para caoba (a), cedro (b), y roble (c).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Al inicio de este trabajo se menciona que la calidad de las plántulas está relacionada con su potencial de crecimiento después del trasplante en el campo, y que sembrar plántulas de calidad puede reducir, en forma importante, los efectos de los factores limitantes del sitio de plantación en el establecimiento y crecimiento inicial (Peñuelas y Ocaña, 1996; Montoya y Cámara, 1996; Ortega *et al.*, 2006). En esta investigación se consideró que el potencial de crecimiento de una plántula en el campo se relaciona con las características físicas de la misma al momento de sembrarse y que una característica muy importante es el balance entre el tamaño de su sistema de raíz y la cantidad de follaje (razón tallo/raíz). La importancia de la relación tallo/raíz se establece por su influencia en el balance hídrico de la planta. Una cierta cantidad de superficie foliar que transpira, necesita una cierta cantidad de raíz para absorber el agua que eliminan las hojas. Por lo cual una relación tallo/raíz baja indica abundancia de raíces que es más deseable que el caso inverso (Bernier *et al.*, 1995). Los tratamientos estudiados se seleccionaron por su efecto potencial en las características externas de las plántulas, en particular para estudiar la relación tallo/raíz que es la característica que más se puede asociar con la calidad de la plántula.

El tratamiento de densidad se seleccionó porque la cercanía entre plantas es un factor de competencia por luz. Esto se considera de particular importancia para las especies tropicales con follajes más frondosos que las especies de coníferas (que se producen en condiciones de altas densidades). Sin embargo los resultados revelan que para cedro y caoba (ambas de la familia Meliaceae), la densidad de 100% fue mejor que la de 50%, en tanto que para el roble (de la familia Bignonia-

ceae) fue totalmente indiferente. Es decir que en estados iniciales de crecimiento aunque las hojas de las plántulas estén unas sobre otras, la competencia por luz no es importante. Este resultado no es trivial ya que de requerirse sembrar al 50% de densidad significa que los viveros necesitarían el doble de espacio para el mismo número de plántulas, y entonces se tendría que valorar el beneficio biológico con el económico.

Sin embargo, lo que mostró tener mayor efecto en esta etapa de crecimiento de las plántulas en el vivero fue la calidad de sustrato. El efecto del sustrato se manifestó en el crecimiento en altura y el área de la base de la plántula, que fueron claramente superiores en el sustrato S+C. Pero también el crecimiento de ambas características fueron afectadas por la especie, lo cual pone de manifiesto el acervo genético específico de cada especie, que permite en la literatura clasificarlas en de lento, mediano o rápido crecimiento. Por lo menos en esta etapa de vivero el cedro resultó ser la especie de más rápido crecimiento.

Lo que resulta de mayor trascendencia en este estudio es lo que puede indicar la relación tallo/raíz comparada con el peso seco de la raíz. Las tres especies incrementaron su peso de raíz y, considerando la relación tallo/raíz, incrementaron todavía más su peso de tallo con el tratamiento S+C. En las gráficas (Fig. 1), los resultados quedan prácticamente en dos grupos. El promedio del peso de la raíz de las plántulas que se produjeron en suelo fue de 1,9 g, y de 6,8 g para las que se produjeron en S+C. También el 76% de las plántulas en suelo presentaron una relación tallo/raíz de 3 o menos, 21% de las plántulas en S+C presentaron una relación tallo/raíz de 3 o menos. La relación tallo/raíz óptima se ha estudiado extensamente en especies de clima templado y en especial para espe-

cies que se siembran a raíz desnuda. Estos estudios concluyen que lo más aconsejable es usar plantas 2/1 para sitios secos y 4/1 para aquellos húmedos (Edgren, 1977).

En general se asocia la planta de buena calidad para la repoblación forestal con aquella que presenta un buen equilibrio entre la parte aérea y la radical, y que tiene un sistema radical abundante y bien conformado (Dans *et al.*, 1999). El tratamiento S+C tiene un claro efecto en el aumento del peso de la raíz pero genera unos valores muy altos de tallo/raíz lo cual en primera instancia podría considerarse positivo. Sin embargo en este estudio no se evaluó la calidad (estado de salud, cantidad de raíces secundarias) de la raíz, que es otro factor crítico. Pero se puede elucubrar que la calidad de la raíz puede no ser muy buena al ser tan abundante y estar restringida a un espacio limitado como lo es el envase de plástico negro utilizado. Por diversas razones en México con frecuencia la reforestación se lleva a cabo casi al final de la época de lluvias (Negreros-Castillo, observación personal) por lo que se tiende a utilizar planta muy grande en su parte foliar y con un sistema de raíz también abundante pero posiblemente de no muy buena calidad. Este tipo de planta presenta el riesgo de desecación porque el agua perdida durante la evapotranspiración no podrá ser compensada por la absorción de agua de la que sea capaz la raíz.

Aunque no podemos con certeza indicar que relación tallo/raíz es la "recomendable u óptima" para las especies latifoliadas, los resultados de este estudio ofrecen interesantes aplicaciones. Por ejemplo, usando la mezcla S+C se pueden producir plantas con una relación tallo/raíz entre 2 y 4 en mucho menos tiempo que el que normalmente se utiliza (4-6 meses), esto reduce el costo de producción y también compensa por el

atraso en el inicio de la producción que también se presenta en muchos viveros del país (Wightman y Cruz, 2003).

En la mayoría de los viveros se fertiliza y se hacen esfuerzos para llevar al campo plantas lo más grande posibles (de 30 cm a 50 cm de altura), porque los viveristas consideran que esto es lo mejor. Sin embargo los resultados de este estudio y de las evaluaciones de las reforestaciones (Wightman y Cruz, 2003) indican que posiblemente se está haciendo exactamente lo contrario. Es decir una planta grande es recomendable siempre y cuando su raíz no sólo sea abundante sino también se encuentre en estado óptimo de funcionamiento y esto es difícil de esperar (aunque no comprobado en este estudio) dado el limitado espacio de crecimiento de la raíz. Una planta más pequeña es posible que tenga un mejor balance tallo/raíz no sólo en cantidad sino en calidad. Sin embargo es necesario tomar en cuenta que la calidad de plántulas no es un concepto absoluto, por lo cual resulta difícil establecer métodos sencillos para determinar la calidad de plántulas forestales (Sánchez y Murillo, 2004).

Con los resultados obtenidos, no fue posible identificar parámetros externos que permitan seleccionar en el vivero las plántulas con mayor potencial de desempeño en el campo, pero es posible que actualmente se estén usando plantas demasiado grandes. Sin duda la mejor calidad de plántula será la que presente la relación tallo/raíz óptima, pero esto es algo más complejo de lo que se anticipó en esta investigación, por lo cual necesitan realizarse estudios más detallados. En especial, pruebas de trasplante en campo de plántulas de varios tamaños y varias combinaciones de la relación tallo/raíz. El trasplante en campo es una de las verdaderas pruebas de calidad a la que las plántulas se pueden someter. Con

este tipo de estudios se pueden llegar a identificar características externas de tamaño asociadas a capacidad de máximo desempeño (relación tallo/raíz óptima) de las plántulas después del trasplante en campo, y poder entonces seleccionar en el vivero antes de llevarlas al campo.

RECONOCIMIENTOS

Ing. Ramón Zamudio, propietario del rancho ganadero en donde se llevó a cabo el estudio, al personal del vivero y al Programa Forestal del estado de Veracruz.

REFERENCIAS

- Bernier. P.Y, M.S. Lamhamedi y D.G. Simpson. 1995. Shoot/root ratio is of limited use in evaluating the quality of container conifer stock. *Tree Planters' Notes* 46(3):102-106.
- Dans, F., F.J. Fernández y A. Romero. 1999. Manual de silvicultura del Pino radiata en Galicia. AgroByte. 199 p.
- Devlin, R.M. 1980. Principios de fisiología vegetal. Ediciones Omega, S.A. Barcelona. 517 p.
- Duryea, M.L. 1984. Nursery cultural practices: impacts on seedling quality. *In*: Duryea M. L. and Landis T. D. eds. Forest Nursery Manual: Production of bare root seedlings. Martinus Nijhoff/W.Junk. La Haya, Holanda. 385p.
- Edgren, W. 1977. Field survival and growth of Douglas fir by age and size of nursery stock. USDA Forest Service. Research Paper PNW-217. 6 p.
- Galston, A.W. y J. Bonner. 1965. Principios de fisiología vegetal. Aguilar, Madrid, 4ª Ed. 485 p.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. UNAM. 246 p.
- Hartmann, H.T., D. Kester y A. Ambrosio. Trad. 1985. Propagación de plantas: principios y prácticas. CECSA. México, D.F. 760 p.
- Luis, V.C., J. Peters, A.M. González-Rodríguez, M.S. Jiménez y D. Morales. 2004. Testing nursery plant quality of Canary Island Pine seedlings grown under different cultivation methods. *PHYTON* 44(2):231-244.
- Montaldi, E.R. 1995 Principios de fisiología vegetal. Ediciones Sur. La Plata. Argentina. 298 p.
- Montoya, J.M. y M.A. Cámara O. 1996. La planta y el vivero forestal. Ediciones Mundi- prensa. España. 127 p.
- Ortega, U., A. Kidelman, A. Hevia, E. Alvarez-Roy y J. Majada. 2006. Control de calidad de planta forestal. *Información Agroforestal*. (3):2-7.
- Ortega. U., N. Rodríguez, C. González-Murua, J. Majada, I. Azpitarte, K. Txarteroma y M. Duñabeitia. 2001. Estudio de la calidad de planta de *Pinus radiata* en envase. *In*: Montes para la sociedad del Nuevo Milenio. III Congreso Forestal Español. Junta de Andalucía. Consejería de Medio Ambiente. (3):354-359.
- Peñuelas, R.J.L. y L. Ocaña B. 1996. Cultivo de plantas forestales en contenedor, principios y fundamentos. V.A. Impresiones. España. 190 p.
- Rojas, M.G. 1959. Principios de fisiología vegetal. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 234 p.

- Sánchez, S. y O. Murillo. 2004. Desarrollo de un método para controlar la calidad de producción de plántulas en viveros forestales: Estudio de caso con ciprés (*Cupressus lusitanica*). *Agronomía Costarricense* 28(2):95-106.
- Trejo, D, R. Zulueta y L. Lara. 2007. Manual de prácticas para el estudio de la simbiosis micorrízico arbuscular. Universidad Veracruzana. 200p.
- Wightman, K. 1999. ¡Convierta la basura en abono orgánico! Libreta técnica de composta. ICRAF. Chetumal, Q. Roo. México. 18 p.
- Wightman, K. y B.S.Cruz. 2003. La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas. *Foresta Veracruzana*. 5(1):45-51

Manuscrito recibido el 07 de enero de 2009

Aceptado el 19 de noviembre de 2009

Este documento se debe citar como: Negreros-Castillo, P., M. Apodaca-Martínez y C. W. Mize. 2010. Efecto de sustrato y densidad en la calidad de plántulas de cedro, caoba y roble. *Madera y Bosques* 16(2):7-18.