

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA



**Evaluación del efecto del tipo de contenedor sobre el crecimiento de
Pinus cembroides Zucc. y *P. greggii* Engelm. bajo condiciones de invernadero**

Por:

Pedro Ruíz Sánchez

T E S I S

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Abril de 2001

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

**Evaluación del efecto del tipo de contenedor sobre el crecimiento de
Pinus cembroides Zucc. y *P. greggii* Engelm. bajo condiciones de invernadero**

Por:

Pedro Ruíz Sánchez

T E S I S

Que se somete a consideración del H. Jurado examinador como un requisito parcial
para obtener el título de:

Ingeniero Forestal

APROBADA

Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga
Presidente del jurado

M.C. Salvador Valencia Manzo
Vocal

Dr. Jorge Saúl Marroquín de la Fuente
Vocal

M.C. Reynaldo Alonso Velasco
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Abril de 2001.

DEDICATORIA

Con gran respeto, amor, cariño, agradecimiento y por todo el apoyo que siempre me han dado, les brindo este pequeño logro en mi vida.

A mis padres:

María Elena Sánchez Esquivel.

Juan Nicolás Ruíz Hernández.

A mis padres por que son las personas que más quiero y amo en la vida, les doy las gracias por darme la dicha de vivir, motivarme en los momentos más difíciles y haber inculcado en mi, la semilla para ser una persona de bien que se supera constantemente.

A mis hermanos.

María Lucía

María Guadalupe

Miguel

Javier

Por darme su apoyo y amor, que me permitió salir adelante en mis estudios, porque nuestra unión y bien común nunca nos abandonará y la fuerza fraternal nunca desaparecerá. A todos ellos dedico este pequeño presente asimismo les doy las gracias a mis tíos, primos y demás personas que con su apoyo y ayuda hicieron posible este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por haberme puesto en este camino de la superación y darme la suficiente fe, esperanza y sabiduría para cumplir mis objetivos en la vida.

Al Dr. Miguel Ángel Capó Arteaga, de quien tuve siempre, apoyo y confianza incondicional, para la culminación satisfactoria de este trabajo.

Al Dr. Jorge Saúl Marroquín de la Fuente, por su colaboración en la asesoría del presente trabajo.

Al M.C. Salvador Valencia Manzo, por sus comentarios y consejos durante mi carrera profesional y por sus aportaciones de gran importancia para la realización de esta tesis.

A mi escuela la UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales. Por esto mi obligación es representar con orgullo y dignamente el nombre de mi institución donde quiere que me encuentre.

A la planta docente del Departamento Forestal, por ser el pilar y la base para formarnos como profesionistas de éxito en la vida.

A todos mis compañeros de generación, por brindarme su amistad, confianza y convivir juntos momentos de alegría, tristeza y aprendizaje.

Al personal laboral del invernadero, por su apoyo en la toma de datos y todas las personas que de alguna manera, apoyaron para la realización de este trabajo.

CONTENIDO

	Página
I INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivo	2
1.2 Hipótesis	2
II REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1 Generalidades de los contenedores	3
2.1.1 ¿Qué es un contenedor?	3
2.1.2 Clasificación de los contenedores	3
2.1.3 Características de los contenedores con fines forestales	4
2.2 La densidad de plantas	5
2.3 Previsión para controlar el crecimiento radicular	6
2.3.1 El uso de compuestos químicos para controlar el desarrollo de la raíz ...	7
2.4 Selección de temperaturas en invernadero	9
2.5 Fases de crecimiento	10
2.5.1 Fase de establecimiento	11
2.5.2 Fase de rápido crecimiento	12
2.5.3 Fase de fortalecimiento (castigo o endurecimiento)	14
2.6 Distribución, ecología e importancia de <i>Pinus cembroides</i>	14
2.7 Distribución, ecología e importancia de <i>Pinus greggii</i>	16
III MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Producción de la planta	19
3.2 Diseño experimental	20

3.3 Modelo estadístico	21
3.4 Unidad experimental	22
3.5 Medición de las variables	22
3.6 Evaluación de la información	24
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	26
4.1 Experimento 1. <i>Pinus cembroides</i> evaluado a 150 días	26
4.2 Experimento 2. <i>Pinus cembroides</i> evaluado a 250 días	33
4.3 Experimento 3. <i>Pinus greggii</i> evaluado a 150 días	36
4.4 Experimento 4. <i>Pinus greggii</i> evaluado a 250 días	38
4.5 Discusión general	40
V CONCLUSIONES	44
VI RECOMENDACIONES	46
VII RESUMEN	48
VII LITERATURA CITADA	50

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro 1. Combinación de temperaturas diurnas y nocturnas que favorecen un máximo crecimiento para las siete variables evaluadas, en dos especies forestales.

Cuadro 2. Características de los contenedores empleados en los cuatro experimentos.
.....

Cuadro 3. Cantidad y distribución de las plántulas en las charolas así como la unidad experimental considerada para evaluar los tratamientos en los cuatro experimentos.

Cuadro 4. Análisis de varianza para siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus cembroides* a la edad de 150 días.

Cuadro 5. Prueba Tukey de comparación de medias aplicada a siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus cembroides* a la edad de 150 días.

Cuadro 6. Análisis de varianza para siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus cembroides* a la edad de 250 días.

Cuadro 7. Prueba Tukey de comparación de medias aplicada a siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus cembroides* a la edad de 250 días.

Cuadro 8. Análisis de varianza para siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus greggii* a la edad de 150 días.

Cuadro 9. Prueba Tukey de comparación de medias aplicada a siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus greggii* a la edad de 150 días.

Cuadro 10. Análisis de varianza para siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus greggii* a la edad de 250 días.

Cuadro 11. Prueba Tukey de comparación de medias aplicada a siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus greggii* a la edad de 250 días.

Figura 1. Distribución en el invernadero de los tratamientos en cada uno de los cuatro experimentos.
.....

Página

10

18

23

pedro ruiz sanchez\$C:\ATL\TOTAL\INDICE DE CUADROS.doc
pedro ruiz sanchez\$C:\ATL\TOTAL\INDICE DE CUADROS.doc
pedro ruiz sanchezGC:\WINDOWS\TEMP\Guardado con Autorrecuperación de INDICE DE CUADROS.asd
pedro ruiz sanchezGC:\WINDOWS\TEMP\Guardado con Autorrecuperación de INDICE DE CUADROS.asd
pedro ruiz sanchez\$C:\ATL\TOTAL\INDICE DE CUADROS.doc
pedro ruiz sanchez\$C:\ATL\TOTAL\INDICE DE CUADROS.doc
pedro ruiz sanchez
pedro ruiz sanchez
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
pedro ruiz sanchez
pedro ruiz sanchez
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
pedro ruiz sanchez
pedro ruiz sanchez
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
pedro ruiz sanchez
pedro ruiz sanchez
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
pedro ruiz sanchez
pedro ruiz sanchez
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
Compaq
Compaq
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
pedro ruiz sanchez
pedro ruiz sanchez
A:\1.2-INDICE DE CUADROS.doc
Times New Roman
Times New Roman
Symbol
Symbol
INDICE DE CUADROS
INDICE DE CUADROS
pedro ruiz sanchez
pedro ruiz sanchez
pedro ruiz sanchez
pedro ruiz sanchez
INDICE DE CUADROS
pedro ruiz sanchez
Normal
pedro ruiz sanchez
Microsoft Word 8.0
end user
INDICE DE CUADROS
_PID_GUID
{1BADB786-128B-11D3-A29A-00D009696D96}
{1BADB786-128B-11D3-A29A-00D009696D96}
Root Entry

1Table
1Table
WordDocument
WordDocument
SummaryInformation
SummaryInformation
DocumentSummaryInformation
DocumentSummaryInformation
ThisDocument
ThisDocument
Attribut
e VB_Nam
e = "Thi
sDocumen
0{00020P906-
\$0046}
|Creatab,1
Predecla%
Tru
"@Expose
emplateD0eriv
eCuÀstomiz
__SRP_2
__SRP_2
__SRP_3
__SRP_3
_VBA_PROJECT
_VBA_PROJECT
*G{000204EF-0000-0000-C000-000000000046}#3.0#9#C:\ARCHIVOS DE PROGRAMA\ARCHIVOS
COMUNES\MICROSOFT SHARED\VBA\VBA332.DLL#Visual Basic For Applications
*G{00020905-0000-0000-C000-000000000046}#8.0#409#C:\Archivos de programa\Microsoft
Office\Office\MSWord8.olb#Microsoft Word 8.0 Object Library
,*G{00020430-0000-0000-C000-000000000046}#2.0#0#C:\WINDOWS\SYSTEM\stdole2.tlb#OLE
Automation
,*G{00020430-0000-0000-C000-000000000046}#2.0#0#C:\WINDOWS\SYSTEM\stdole2.tlb#OLE
Automation
à*G{6AA9C8E0-754B-11CB-A298-
00D009696D96}#2.0#0#C:\WINDOWS\SYSTEM\MSForms.TWD#Microsoft Forms 2.0 Object Library
à*G{6AA9C8E0-754B-11CB-A298-
00D009696D96}#2.0#0#C:\WINDOWS\SYSTEM\MSForms.TWD#Microsoft Forms 2.0 Object Library
ä*G{866247C2-B70E-11D4-A298-
00D009696D96}#2.0#0#C:\WINDOWS\TEMP\VBE\MSForms.EXD#Microsoft Forms 2.0 Object Library
ä*G{866247C2-B70E-11D4-A298-
00D009696D96}#2.0#0#C:\WINDOWS\TEMP\VBE\MSForms.EXD#Microsoft Forms 2.0 Object Library
*\CNormal
*\CNormal
*\CNormal;□□
*G{2DF8D04C-5BFA-101B-BDE5-00AA0044DE52}#2.0#0#C:\ARCHIVOS DE
PROGRAMA\MICROSOFT OFFICE\MSO97.DLL#Microsoft Office 8.0 Object Library
ThisDocument
f□□□□
ThisDocument
□□□□7
1.2-INDICE DE CUADROSM=
stdole
,

MSFormsC
ThisDocument<ž
_Evaluate
Normal
Office
Project-®
DocumentjÓ
Document_Close7\
BuiltInDocumentProperties_»
currdoc ↵
thecode
currcompQl
VBProjectOh
VBComponents
,
CodeNameâz
CodeModuleá
mystartÁ'
ProcBodyLineê2
vbext_pk_ProcE
mylinesÁ
ProcCountLines
Options§
VirusProtectionoD
Documents¼
Savedd
SaveFormatê^
wdFormatDocument,,
wdFormatTemplate
AddFromString”Ž
InsertLinesŠ«
WritePasswordOW
currtempQW
Templateè
Templatesih
_B_var_LeftQá
_B_var_Midip
_B_var_vbext_pk_Proc"ñ
_B_var_mylinesEó
_B_var_Str”
Project
\\G{00020°430-
0046}#
2.0#0#C:
\\WINDOWS
\\SYSTEM\
c2.tlb#O
LE Autom`ation
mMSForms
AA9C8E0-
754B-11C@B-A298
009696D9
3.TWD#M
icrosoftŠ

I INTRODUCCIÓN

En virtud de que actualmente existe una mayor conciencia tanto en la sociedad como en el gobierno para apoyar programas de reforestación, y por lo tanto, en producir plántula en invernaderos y viveros forestales con fines de reforestar, restaurar áreas degradadas y para diversos fines, cada año se requiere producir mayor cantidad de planta, para satisfacer esta necesidad. Al mismo tiempo, cada sitio de plantación presenta una combinación de características ecológicas y de manejo, que lo hacen único, requiriéndose para cada condición un tipo de planta que presente características morfológicas apropiadas para un mejor éxito en la sobrevivencia y el crecimiento. Por ello se requiere mayor investigación para elegir y/o diseñar el tipo de contenedor más adecuado, de acuerdo con los objetivos de producción, en concordancia con la calidad de planta requerida.

El conocimiento de la respuesta fisiológica y morfológica de cada especie, a los distintos tipos de contenedores, podría ser uno de los fundamentos de gran importancia en la producción masiva de planta tanto en viveros como en invernaderos. En ocasiones este aspecto no es considerado como relevante, por carecer de información, por ello la importancia de realizar investigación relacionada con las características de la plántula que se produce en cada tipo de contenedor.

El presente trabajo se realizó en el invernadero forestal de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" con el propósito de evaluar algunos tipos de contenedores usados en la producción de *Pinus cembroides* Zucc. y *P. greggii* Engelm. Las

variables morfológicas que se evaluaron son: altura total, diámetro basal, peso seco aéreo, peso seco raíz, peso seco total, volumen de la raíz y longitud radicular.

1.1 Objetivo

Evaluar el efecto de algunos tipos de contenedores en el crecimiento de plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. y *P. greggii* Engelm., de manera independiente a la edad de 150 y 250 días, considerando las siguientes variables morfológicas: altura total de la planta, diámetro basal, peso seco aéreo, peso seco raíz, peso seco total, volumen de la raíz y longitud radicular.

1.2 Hipótesis

Las hipótesis estadísticas propuestas en el presente trabajo son:

Ho: El tipo de contenedor no influye en el crecimiento de las variables morfológicas evaluadas en cada una de las dos especies.

Ha: El tipo de contenedor si influye en el crecimiento de las variables morfológicas evaluadas en cada una de las dos especies.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de los contenedores

En los últimos años se observa un incremento en el uso de los contenedores para diversos fines, aunque anteriormente han sido probados varios tipos. Pero después de dos décadas se utilizan sólo un porcentaje relativamente pequeño. Se han hecho esfuerzos para diseñar un tipo de contenedor que cumpla con la mayor parte de los requerimientos, estos esfuerzos continúan indudablemente porque no existe un tipo de contenedor ideal o perfecto para todos los tipos de aplicaciones en los diversos sistemas de producción (Landis, 1990).

2.1.1 ¿Qué es un contenedor?

Es un envase o recipiente en el cual se le proporciona a la planta un medio de crecimiento y las condiciones adecuadas, para un mejor crecimiento de ésta, además el envase facilita el contacto del sistema radicular con el agua, nutrientes y sirve de soporte físico, el contenedor ideal es aquel que permite producir plantas de la mejor calidad (Prieto *et al.*, 1999).

2.1.2 Clasificación de los contenedores

Tinus y McDonald (1979) señalan que existe un sistema práctico para clasificar los contenedores y se divide en dos categorías funcionales:

a) Son los contenedores que se plantan junto con la planta. Un ejemplo de este tipo de recipientes son los hechos con papel biodegradable, que se desintegra fácilmente en poco tiempo (en el terreno) después de la plantación.

b) En la segunda clasificación se contemplan los contenedores que son removidos antes de plantar el arbolito, en esta clasificación se encuentra la mayoría de los tipos de contenedores existentes.

2.1.3 Características de los contenedores con fines forestales

Landis (1990) menciona que las características de los contenedores deben ser ideales para mejorar la producción de plántula, ésto ha sido discutido durante muchos años, pero algunas características de los contenedores, deben compararse de diferentes maneras, como son:

a) Por su funcionalidad: La primera función de cualquier contenedor es mantener el suministro necesario, en el medio de crecimiento, de agua, aire, nutrientes, soporte físico, mientras la planta se encuentre en el vivero.

b) Por su seguridad y fácil manejo: Los contenedores para producción forestal deben ser seguros y al mismo tiempo deben realizar otras funciones como, un fácil manejo al momento de la plantación.

c) Por su influencia en el crecimiento y forma de la raíz: Una de las características de

los contenedores es que tienen influencia en la forma y crecimiento de la raíz, en ocasiones ésta se presenta en forma de espiral, este rasgo es ocasionado principalmente en la etapa de vivero.

2.2 La densidad de plantas

Esta es una característica importante porque los contenedores afectan directamente el crecimiento de las plantas. El arreglo espacial dentro de las cavidades del contenedor también tiene implicaciones económicas. De cualquier forma las plántulas requieren de un espacio seguro y suficiente de crecimiento, esto varía con el tipo de especie y el tiempo a permanecer en el vivero o invernadero (Tanaka y Timmis, 1974).

Barnett y Brissette (1971) encontraron que la densidad de plantas no influye en el crecimiento antes de 10 semanas de establecidas las plántulas de pino, en el Sureste de los Estados Unidos, sin embargo después de este periodo la biomasa, o peso seco, decrece con aumento en la densidad de crecimiento.

Scarratt (1972) reporta que al producir plántulas del *Abies concolor* Lindl. en espacios reducidos, la planta crece más alta pero su diámetro de tallo es más pequeño y baja la biomasa (peso seco). En otros estudios realizados con turba, por Hocking y Mitchell (1974) encontraron que las características de crecimiento en *Pinus contorta* Engelm., *Abies alba* Mill. y *Pseudotsuga menziesii* Franco. incrementaron en altura y diámetro de tallo cuando se utilizaron contenedores más largos y el espacio entre celdas más ancho. Por otra parte, se menciona que la

densidad de crecimiento también afecta el vigor de las plantas, porque el crecimiento de las plantas, a densidades altas, presenta menor protección de daños en comparación con las producidas a grandes espacios (Timmis y Tanaka, 1976). Cuando se considere la variable densidad en la producción de plántulas se debe analizar las características de la especie con su tolerancia e intolerancia a la sombra; Stauder y Lowe (1984) encontraron que en particular a *Taxodium distichum* Rich. producidos en contenedores largos, no le afectó la densidad, ni la sombra, en cuanto a sobrevivencia.

2.3 Previsión para controlar el crecimiento radicular

Landis (1990) señala que uno de los problemas en la producción de plántulas con fines forestales en contenedores, es la tendencia de las raíces a crecer en forma de espiral dentro del contenedor, la radícula del embrión crece bajo un patrón definido geotrópicamente, pero si no tiene ninguna obstrucción física presentaría una tendencia a crecer lateralmente. En ocasiones el crecimiento radicular en espiral podría no afectar, mientras las plantas quedan en el vivero, pero puede afectar la calidad de la planta después de la plantación. Girouard (1982) desarrolló cuatro especies de coníferas en tres diferentes tipos de contenedores y encontró que solamente una de las especies presentaba raíces en espiral porque fue producida en contenedores redondos con paredes lisas y las demás especies no presentaron este problema por producirse en contenedores que presentaban estrías en la pared interna del contenedor.

Dong y Burdett (1986) encontraron que los contenedores de papel presentan dos problemas, el primero es que, por no presentar estrías, no se tiene control de la raíz en espiral y el segundo se refiere al crecimiento de la raíz en medio de las cavidades de los contenedores de papel. Kinghorn (1974) recomendó las estrías de 2 mm de alto sobre la cavidad interna del contenedor, que interceptan las raíces y fuerzan el desarrollo de éstas a crecer en forma descendente al orificio de drenado.

Barnett y Brissette (1986) mencionan que es más frecuente el problema de la raíz en espiral en el género *Pinus*, pero este problema es variado en cada especie, por ejemplo, el *Pinus contorta* Engelm. es más propenso a la raíz en espiral que *Pinus elliottii* Engelm. y *Pinus taeda* L. La raíz en espiral y otro tipo de crecimientos anormales son más serios cuando las plantas se quedan en el contenedor por más tiempo, del momento en que se alcanza el máximo desarrollo.

2.3.1 El uso de compuestos químicos para controlar el desarrollo de la raíz

Durante años ha sido discutido el problema para controlar el crecimiento del sistema radicular de las plantas producidas en los viveros e invernaderos. Una de las soluciones a este problema es sin duda cubrir las paredes del interior de los contenedores con productos que detengan el crecimiento radicular, como es el uso del carbonato de cobre (CuCO_3) o el ácido indolbutírico (IBA) (Pollet *et al.*, 1980; McDonald *et al.*, 1984).

Se han realizado diversas investigaciones utilizando diferentes materiales, para ver cuál detiene el crecimiento radicular. Uno de los trabajos más sobresalientes es el

realizado por Tinus (1974) en el que estudió varios tipos de metales pesados incluyendo: cobre, plata, cobalto, níquel, plomo, zinc, antimonio y encontró que únicamente el cobre detuvo el crecimiento de la raíz, sin dañar la planta; actualmente el carbonato de cobre es uno de los compuestos químicos más utilizados para este fin.

Algunas de las características que deben reunir los productos químicos usados para controlar el desarrollo radicular son: en primer término, detener el crecimiento de la raíz; los que se apliquen, únicamente deben permanecer en la pared del contenedor sin extenderse al medio de crecimiento y no deben convertirse en sustancias tóxicas para la planta ni para el personal de trabajo (Hulten, 1982).

Referente a la aplicación del carbonato de cobre, algunos autores comentan que el rango de la dosis a aplicar es variable, pero oscila entre 60 a 200 g litro^{-1} o 2.0 a 6.7 onzas galón^{-1} (Landis, 1990); es importante enfatizar que puede variar la concentración por el tipo de especie y contenedor que se utilice. Por otra parte, para impregnar los contenedores con los compuestos químicos se puede aplicar de dos formas: el primer modo consiste en rociar las cavidades del contenedor con la solución y la segunda forma es sumergir el recipiente por completo en la solución (Wenny *et al.*, 1988). El objetivo de la aplicación del carbonato de cobre es detener el crecimiento y uniformizar el desarrollo radicular en el contenedor, después las raíces podadas reanudan su crecimiento normal cuando las plantas son removidas del recipiente y plantadas en el terreno (Burdett *et al.*, 1983; McDonald *et al.*, 1984).

McDonald *et al.* (1984) encontraron que en una combinación de tratamientos con carbonato de cobre (CuCO_3) e inoculando con hongos ectomicorrícicos se incrementó el número de raíces secundarias así como la formación ectomicorrícica en *Pinus ponderosa* Laws. El beneficio principal de la poda química de la raíz se observa cuando la planta tiene mayor facilidad para establecerse en la plantación y ésto es reflejado en el porcentaje de sobrevivencia.

2.4 Selección de temperaturas en invernadero

La temperatura es una de las variables ambientales más importantes que influyen en el crecimiento de las plántulas, razón por la cual las plantas son producidas en invernaderos, para poder controlar las temperaturas; así mismo el encargado del invernadero, debe conocer y establecer un rango de temperaturas óptimo, para cada especie y con esto obtener un mayor desarrollo de las plantas, en menor tiempo (Landis, 1990). Odlum (1995) elaboró una guía para seleccionar las temperaturas diurnas y nocturnas en invernadero, a fin de controlar el crecimiento de siete variables: altura total, diámetro basal, peso seco aéreo, peso seco raíz, peso seco total, relación parte aérea-raíz y relación altura-diámetro, en plántulas de *Picea mariana* Mill. y *Pinus banksiana* Lamb. en la fase de rápido crecimiento; como resultado de este trabajo a continuación se indica la combinación de temperaturas diurnas/nocturnas en grados centígrados, que favorecen un máximo crecimiento para cada una de las variables evaluadas (Cuadro 1).

Cuadro 1. Combinación de temperaturas diurnas y nocturnas que favorecen un máximo crecimiento para siete variables evaluadas, en dos especies forestales.

VARIABLES	ESPECIES	
	<i>Picea mariana</i>	<i>Pinus banksiana</i>
	Temperaturas día/noche °C	Temperaturas día/noche °C
Altura total	24/28	25/14
Diámetro basal	30/20	23/20
Peso seco aéreo	24/22	23/19
Peso seco raíz	21/19	19/14
Peso seco total	24/22	23/18
Relación parte aérea - raíz	30/*	24/*
Relación altura - diámetro	23/*	30/*

* no se encontró respuesta en la temperatura nocturna.

2.5 Fases de crecimiento

Landis (1990) señala que durante la etapa de vivero se contemplan tres fases de crecimiento: la de establecimiento, la de rápido crecimiento y la de fortalecimiento. Para cada una de estas fases los cuidados que requieren las plantas son diferentes tanto en el ambiente atmosférico (que contempla temperatura, humedad, intensidad y duración del fotoperiodo) como en el ambiente edáfico (que contempla: la irrigación, el medio de crecimiento y la nutrición mineral). Enseguida se describen cada una de las fases de crecimiento, sin especificar los requerimientos en cada uno de los ambientes atmosférico y edáfico, debido a que cada uno de los requerimientos son diferentes para cada lugar, tipo de especie y objetivos de producción.

2.5.1 Fase de establecimiento

Esta fase comienza cuando las semillas son sembradas en los recipientes, después continúa la germinación hacia la tercera o cuarta semana después de la siembra. Enseguida se observan las plántulas de coníferas que empujan el “saco de la semilla” hacia fuera del medio de crecimiento conocida como “fase de cerillo”, hasta que forman las hojas cotiledonares que adoptan una forma que semeja una jaula de pájaros. Después de este periodo las plántulas no crecen apreciablemente en altura, porque la mayoría de su energía es enviada a la raíz para su crecimiento. Enseguida la raíz crece rápidamente hasta alcanzar el fondo del contenedor; en ese momento el “saco de la semilla” se desprende y al final de la fase de establecimiento se observa una roseta de hojas primarias que se forman al centro de las llamadas hojas cotiledonares. Esta fase es de gran importancia porque se necesita tener cuidado con las plántulas ya que son susceptibles a enfermedades causadas generalmente por hongos, por exceso de humedad y lesiones de manejo. Los problemas que se presentan en esta fase por lo general son difíciles y en ocasiones imposibles de corregir. En esta fase se evidencia el por qué se debe tener cuidado en utilizar semilla de buena calidad, para evitarse el trabajo de resembrar y obtener planta de diferentes edades y tamaños (Landis, 1990).

Algunas de las prácticas culturales que se contemplan dentro de esta fase es la limpia o aclareo en las etapas de vivero, que consiste en extraer cuidadosamente plántulas sobrantes, de cada cavidad, para dejar una planta por celda del contenedor. Esto se debe realizar cuanto antes, para evitar daños posteriores a las

plantas así como disminuir la competencia por agua, nutrientes y luz (Barnett y Brissette, 1986).

Posteriormente se contempla la resiembra. Si la germinación es poca en las platabandas, se debe tomar una decisión rápidamente. Se requiere resembrar en nuevos contenedores o que se planten plántulas ya emergidas a las cavidades vacías. Es recomendable realizar siembras adicionales para prevenir estos problemas y así poder uniformizar la producción (Barnett y Brissett, 1986).

2.5.2 Fase de rápido crecimiento

Esta fase se observa cuando surge la yema dominante o apical, en medio de las hojas cotiledonares, la plántula empieza a crecer rápidamente, lo que en la mayoría de las coníferas empieza después de 8 semanas y continúa por 12 semanas más. También el sistema radicular se expande sin formar brotes. En esta etapa es cuando se observa el beneficio real del contenedor en el vivero e invernadero. El objetivo de esta fase es promover el crecimiento rápido de las plántulas, pero sin llegar a un incremento excesivo de ésta en poco tiempo. También es importante considerar producir plántulas bien balanceadas con un buen diámetro de tallo y una buena proporción tallo-raíz de acuerdo con los objetivos y necesidades de cada lugar en particular (Landis, 1990).

Por otra parte hay algunos otros factores que influyen en el crecimiento excesivo o defectuoso de las plántulas como son: la densidad, la luz y la fertilización (Landis, 1990).

a) La densidad de plantas: Normalmente se observa que a mayor densidad de plantas mayor altura y menor diámetro y viceversa, para esto se debe contemplar el tipo de especie a producir, tamaño de la planta requerida y el tiempo que va a permanecer en el vivero o invernadero y en base a esto, elegir el tipo de contenedor más adecuado con el espacio y volumen necesario.

b) Luz: La intensidad de la luz junto con una alta densidad ocasiona en las plántulas crecimientos desproporcionados en altura. Para prevenir esto también se debe utilizar un contenedor adecuado a los objetivos y requerimientos de cada especie a producir.

c) La fertilización: En ocasiones se requiere una disminución en la aplicación de nitrógeno, para regular el crecimiento excesivo en altura de las plántulas.

Otro modo de uniformizar el crecimiento, es realizar podas de la parte aérea de las plántulas, es importante mencionar que esta práctica se aplica solamente en algunas especies y únicamente en esta fase de rápido crecimiento, cuando se encuentra el tejido herbáceo o suculento sin lignificar. En ocasiones no se tienen estos cuidados para realizar la poda, por lo que se pueden ocasionar malformaciones, estrés y puede morir la planta (Barnett y McGilvray, 1987).

En esta fase se pueden presentar problemas con algunos fitopatógenos como *Fusarium* spp. este tipo de hongo se puede encontrar en cualquier parte, en

ocasiones es introducido en el medio de crecimiento, por contenedores contaminados y en la semilla, por lo que resulta recomendable tener un buen sistema de esterilización (James *et al.*, 1991).

2.5.3 Fase de fortalecimiento (castigo o endurecimiento)

Esta fase es uno de los períodos más importantes dentro de las prácticas culturales, porque es cuando las plántulas producidas en viveros e invernaderos son sometidas a diversas tensiones o estrés, para que resistan las condiciones adversas del medio ambiente en el área donde serán plantadas (Odlum, 1992).

Dentro de esta fase existen pocas operaciones culturales, pero una de mayor importancia es la inoculación micorrícica, para que las plantas sean más vigorosas y resistentes (Landis, 1990).

El principal daño durante la fase de resistencia es ocasionado por el hongo *Botrytis cinerea*, que generalmente se presenta en manchas de color gris en el follaje; esta enfermedad es favorecida en condiciones de humedad y baja intensidad de luz (Landis, 1990).

2.6 Distribución, ecología e importancia de *Pinus cembroides*

La especie se encuentra distribuida en Estados Unidos en el Suroeste de Nuevo México, Sureste de Arizona y Sur de Texas; su distribución altitudinal en ese país

va desde los 1450 hasta los 2300 m.s.n.m. (Mirov, 1967; Robert, 1977). En México esta especie forma bosques más o menos definidos y ha sido reportado en los Estados de Baja California Sur y Norte, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas, Durango, Aguascalientes, Jalisco, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro, Estado de México, Veracruz, Tlaxcala y Puebla. (Martínez, 1948; Rzedowski, 1978).

Los bosques de esta especie son bajos y abiertos, ocupando casi siempre zonas de transición entre la vegetación xerófila de climas áridos y la boscosa de las montañas más húmedas; sus límites de precipitación media anual varían entre los 350 y 700 mm; el *P. cembroides* se encuentra asociado con especies del género *Juniperus*, *Quercus*, *Agave*, *Yucca* y *Dasyllirion*, entre otras (Rzedowski, 1978). La especie se encuentra en suelos someros, rocosos del tipo litosol eútrico o rendzinas líticas (García, 1985). Estas características de resistencia y adaptación a condiciones climáticas y edáficas difíciles lo hacen un buen candidato, para considerarlo en reforestaciones de las zonas secas erosionadas de la República Mexicana (Robert, 1977).

La especie tiene importancia en el aspecto económico, ecológico y social; entre los usos más comunes del piñonero destacan los siguientes: la producción de piñón para consumo o venta, obtención de madera para diversos fines, leña para combustible, establecimiento de plantaciones para producción de árboles de navidad, establecimiento de viveros para producción de planta para reforestaciones entre otros (Olayo y Mondragón, 1985).

2.7 Distribución, ecología e importancia de *Pinus greggii*

A esta especie se le ha encontrado en pequeños manchones ubicados en la Sierra Madre Oriental; ha sido reportado para los Estados de Coahuila, Nuevo León, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz (Martínez, 1948; Perry, 1991).

La especie se encuentra en rodales puros, pero también se encuentra asociada con *P. leiophylla*, *P. teocote*, *P. montezumae*, *P. arizonica* var. *stormiae*, *P. pseudostrobus* var. *apulcensis* y *P. patula*; en algunas ocasiones en alturas de 3000 m.s.n.m., se asocia con *P. ayacahuite* var. *brachytera*, *P. rudis* y *Abies* sp, y alrededor de los 1500 m.s.n.m., se asocia con *Liquidambar styraciflua*, *Quercus* sp, *Cupressus* sp y *Juniperus* sp (Perry 1991); también se encuentra de manera natural en rangos altitudinales de 1300 a 3000 m.s.n.m; en pocas ocasiones se le encuentra en altitudes superiores (Dvorak y Donahue, 1992). La especie se ha encontrado en suelos con un rango de Ph de 4.4 y 7.4 en la localidad Molango, en Hidalgo y Los Lirios en Coahuila respectivamente (López *et al.*, 1993).

Tiene gran importancia la especie en plantaciones de interés forestal y en plantaciones con fines de restauración de áreas degradadas; la madera de esta especie es de color amarillo claro, ésta se destina al: aserrío entre otros usos (Donahue, 1990; Martínez, 1948).

III MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el invernadero forestal ubicado dentro de las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” en Buenavista, Saltillo, Coahuila, el cual se ubica geográficamente en los 22° 22' 01” de latitud Norte y en los 101° 00' 19” de longitud Oeste, con una altitud sobre el nivel del mar de 1742 m (CETENAL, 1975).

En esta investigación se realizaron 4 experimentos de manera independiente cada uno, para evaluar el efecto de algunos tipo de contenedores (objeto de estudio) , en el crecimiento de plántulas de *Pinus cembroides* y *P. greggii* de procedencias desconocidas.

En el experimento 1 se evaluó el crecimiento de *P. cembroides* a 150 días producido en cinco tipos de contenedores (cinco tratamientos); en el experimento 2 se evaluó *P. cembroides* a 250 días comparando tres tipos de contenedores (tres tratamientos); en el experimento 3 se evaluó *P. greggii* a 150 días comparando cinco tipos de contenedores (cinco tratamientos); en el experimento 4 se evaluó *P. greggii* a 250 días comparando tres tipos de contenedores (tres tratamientos). Las características de los contenedores utilizados en los cuatro experimentos se indican en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Características de los contenedores empleados en los cuatro experimentos.

Tratamiento	Contenedor	Volumen (ml)	Densidad (plantas/m ²)	No. de cavidades	Diámetro superior de la cavidad (cm)	No. de estrías	Altura del Contenedor (cm)
Experimento 1. <i>Pinus cembroides</i> evaluado a los 150 días							
1	Styroblock	50	762	160	3.0	3	12.0
2	Styroblock	170	367	77	4.0	4	15.0
3	Copperblock	85	533	112	3.5	3	10.5
4	Copperblock	220	286	60	5.0	4	11.5
5	Sist. Super cell	160	583	98	4.0	4	20.5
Experimento 2. <i>Pinus cembroides</i> evaluado a los 250 días							
3	Copperblock	85	533	112	3.5	3	10.5
4	Copperblock	220	286	60	5.0	4	11.5
5	Sist. Super cell	160	583	98	4.0	4	20.5
Experimento 3. <i>Pinus greggii</i> evaluado a los 150 días							
1	Sist. Super cell	160	583	98	4.0	4	20.5
2	Copperblock	85	533	112	3.5	3	10.5
3	Styroblock	85	533	112	3.5	3	10.5
4	Styroblock	170	367	77	4.0	4	15.0
5	Polietileno negro rígido	90	519	40	4.0	4	8.5
Experimento 4. <i>Pinus greggii</i> evaluado a los 250 días							
5	Polietileno negro rígido	90	519	40	4.0	4	8.5
6	Styroblock	75	762	160	3.0	4	16.0
7	Styroblock	50	762	160	3.0	3	12.0

3.1 Producción de la planta

En la producción de ésta se utilizó una mezcla de sustratos estériles como son: peat moss, perlita y vermiculita en proporción 2:1:1, respectivamente; también se aplicó multicote^{MR} 1 kg m⁻³ de la mezcla del sustrato.

La siembra se hizo de forma directa, sembrando una semilla por cavidad a una profundidad de un centímetro. La semilla utilizada no recibió ningún tipo de tratamiento, por ser especies que tiene pocos problemas de germinación.

El riego que se utilizó fue por aspersión, éste se aplicó inmediatamente después de la siembra, manteniendo húmedo el medio de crecimiento y uniforme en todos los recipientes, esto únicamente en la etapa de establecimiento. Posteriormente se aplicaron los riegos tres veces por semana los días lunes, miércoles y viernes; con una duración de 30 a 45 minutos.

Después de dos meses de realizada la siembra se aplicó la fertilización cada mes, utilizando dos fertilizantes de forma alterna cada mes. El primero que se aplicó es el fertilizante de marca comercial Superfos, su fórmula es 12-60-00 y el segundo de marca comercial K-Fol, su fórmula es 00-20-55; la aplicación fue durante 5 meses. El tercer fertilizante de marca comercial Agrofol con fórmula 20-30-10, se aplicó el sexto mes y así sucesivamente cada mes, durante el periodo que permaneció la planta en el invernadero. La preparación de la solución de los tres fertilizantes fue a 200 litros de agua se aplicó 1 kg de fertilizante y su aplicación fue por fertirrigación.

La temperatura que se mantuvo en el invernadero varió de acuerdo a la estación del año. En invierno el rango de temperatura que se mantuvo en el día fue de 22 a 24 °C y durante la noche de 18 a 20 °C; en las tres estaciones restantes del año, el rango de temperatura que se mantuvo en el día fue 26 a 28 °C y durante la noche de 19 a 22 °C.

La humedad relativa del invernadero generalmente se mantuvo en promedio de 89% con una variación de $\pm 11\%$.

En las dos especies y en los diferentes tipos de contenedores se utilizó la misma mezcla de sustratos, riegos y fertilización asimismo se mantuvo la misma temperatura y humedad relativa, durante el desarrollo del trabajo, por lo que estos aspectos no fueron considerados como variables a evaluar en los cuatro experimentos.

3.2 Diseño experimental

El diseño experimental que se utilizó fue completamente al azar en cada uno de los 4 experimentos (Figura 3). Se realizaron cuatro análisis estadísticos por separado, dos para cada una de las especies, a las edades de 150 y 250 días.

EXPERIMENTOS							
1 <i>Pinus cembroides</i> a 150 días.		2 <i>Pinus cembroides</i> a 250 días.		3 <i>Pinus greggii</i> a 150 días.		4 <i>Pinus greggii</i> a 250 días.	
T4R2	T2R2	T4R2	T5R1	T5R1	T4R2	T5R1	T6R2
T3R1	T5R1	T3R1	T5R2	T1R2	T3R1	T7R2	T6R1
T2R1	T1R2	T4R1	T3R2	T3R2	T2R1	T5R2	T7R1
T4R1	T5R2			T5R2	T1R1		
T1R1	T3R2			T4R1	T2R2		

T = Tratamiento; R = Repetición.

Figura 1. Distribución en el invernadero de los tratamientos en cada uno de los cuatro experimentos.

3.3 Modelo estadístico

Las diferentes variables en estudio se analizaron individualmente mediante un diseño completamente al azar. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \epsilon_{ij}$$

Donde: Y_{ij} = Valor observado.

μ = Efecto de la media poblacional.

t_i = Efecto verdadero del i -ésimo tratamiento.

ϵ_{ij} = Efecto del error experimental.

i = [1,2,3,4,5, a 150 días] y [1,2,3, a 250 días] tratamientos.

j = 1,2, repeticiones.

(Padrón, 1982).

3.4 Unidad experimental

Para evaluar las variables: altura total y diámetro basal, la unidad experimental que se consideró fue de 15 plantas. Para evaluar las variables: peso seco aéreo, peso seco raíz, peso seco total, volumen de la raíz y longitud radicular, la unidad experimental fue de 2 plantas. Las plantas fueron elegidas al azar en los cuatro experimentos. Para evitar el efecto de orilla, no se consideraron las plantas de la orilla de las charolas, para un mejor entendimiento se muestra el Cuadro 4.

3.5 Medición de las variables

La altura total de las plantas, se midió utilizando una regla graduada en centímetros con aproximación en milímetros, desde el cuello de la plántula, hasta la punta de las hojas o de la yema apical.

El diámetro basal, se midió a nivel del cuello de la plántula, utilizando un pie de rey con vernier graduado en milímetros.

La longitud radicular, se midió colocando la raíz en forma extendida sobre una hoja milimétrica y se midió en centímetros desde el cuello hasta la punta de la raíz principal de ésta, también se midieron las raíces secundarias, para obtener una sumatoria de la longitud total.

Cuadro 3. Cantidad y distribución de las plántulas en las charolas así como la unidad experimental considerada para evaluar los tratamientos en los cuatro experimentos.

Tratamientos	Distribución de las plantas en las charolas			Número de plantas no consideradas para evitar el efecto de orilla	Número de plantas si consideradas para obtener la unidad experimental	Unidad experimental (número de plantas) considerada para evaluar las variables *AT y DB	Unidad experimental (número de plantas) considerada para evaluar las variables *LR, VR, PSA PSR y PST
	Ancho	Largo	Total				
Experimento 1 <i>Pinus cembroides</i> a la edad de 150 días							
1- Styroblock	10	16	160	48	112	15	2
2- Styroblock	7	11	77	32	45	15	2
3- Copperblock	8	14	112	40	72	15	2
4- Copperblock	6	10	60	28	32	15	2
5- Sist. Super cell	7	14	98	38	60	15	2
Experimento 2 <i>Pinus cembroides</i> a la edad de 250 días							
3- Copperblock	8	14	112	40	72	15	2
4- Copperblock	6	10	60	28	32	15	2
5- Sist. Super cell	7	14	98	38	60	15	2
Experimento 3 <i>Pinus greggii</i> a la edad de 150 días							
1- Sist. Super cell	7	14	98	38	60	15	2
2- Copperblock	8	14	112	40	72	15	2
3- Styroblock	8	14	112	40	72	15	2
4- Styroblock	7	11	77	32	45	15	2
5- Polietileno negro rígido	5	8	40	22	18	15	2
Experimento 4 <i>Pinus greggii</i> a la edad de 250 días							
5- Polietileno negro rígido	5	8	40	22	18	15	2
6- Styroblock	10	16	160	48	112	15	2
7- Styroblock	10	16	160	48	112	15	2
Total de plantas evaluadas						240	32

*AT = Altura total; DB = Diámetro basal; LR = Longitud de la raíz; VR = Volumen de raíz; PSA = Peso seco aéreo; PSR = Peso seco raíz; PST = Peso seco total.

El volumen de la raíz, se obtuvo después de limpiar la raíz de impurezas o adherencias y se sumergió ésta hasta el cuello de la planta, en una probeta con agua y graduada en mililitros, de manera que el volumen desplazado corresponde al volumen de la raíz.

Después la parte aérea se colocó en bolsas de papel etiquetadas y se metieron a la estufa de secado a 40 ° C durante 72 horas, al término de ese tiempo se sacaron e inmediatamente se pesó la parte aérea, usando la balanza digital y se obtuvo el peso seco aéreo en gramos con aproximación a centésimas de gramos.

El peso seco raíz, se obtuvo después de obtener el volumen de la raíz, ésta se colocó en bolsas de papel etiquetadas y se metieron a la estufa de secado a 40 ° C durante 72 horas, al término de ese tiempo se sacaron e inmediatamente se pesaron usando la balanza digital y de esta forma se obtuvo el peso seco raíz en gramos con aproximación a centésimas de gramos.

El peso seco total, se obtuvo después de obtener el peso seco aéreo y el peso seco de la raíz, se sumaron los valores de estas dos variables, para obtener el valor del peso seco total en gramos con aproximación a centésimas de gramos.

3.6 Evaluación de la información

El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete SAS (Statistical Analysis System For Windows Versión 6.12). En éste se obtuvieron los análisis de varianza

y cuando hubo diferencias se realizó las pruebas de comparación de medias por el método de Tukey.

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Experimento 1. *Pinus cembroides* evaluado a 150 días

En el Cuadro 4 se presentan los resultados del análisis de varianza, para cada una de las siete variables consideradas. En estos resultados se encontró que no existen diferencias entre los tratamientos, para la variable peso seco aéreo (PSA). Por otra parte existen diferencias significativas para las variables: altura total (AT), longitud radicular (LR) y volumen de la raíz (VR). Asimismo se encontraron diferencias altamente significativas para las variables: diámetro basal (DB), peso seco raíz (PSR) y peso seco total (PST).

Altura total (AT)

La comparación de medias por el método Tukey (Cuadro 5) indica diferencias sólo entre el tratamiento 2 y el 3, siendo superior el tratamiento 2 con una altura total en promedio de 10.5 cm, e inferior el tratamiento 3 con una altura en promedio de 5.15 cm.

Dichas diferencias pueden ser atribuibles al volumen de los contenedores, que resulta ser el doble en el tratamiento 2 con respecto al tratamiento 3; ésto se traduce en mayor disponibilidad de humedad y cantidad de nutrientes; nótese que el volumen de la raíz es menor en el tratamiento 3 con respecto al 2, representando

apenas una cuarta parte de este último. Esto obviamente limita la absorción de agua y nutrientes. Por otra parte, en el tratamiento 2, el contenedor tiene una altura de 15 cm, que es mayor en comparación con el tratamiento 3 que presenta una altura de 10.5 cm (Cuadro 2).

En cuanto al hecho de que los tratamientos 1 y 4 sean iguales entre sí, a pesar de la diferencia en volumen (50 y 220 ml respectivamente), es probable que sea porque el tratamiento 4 presentó en la pared interna del contenedor carbonato de cobre (CuCO_3) y esto es posiblemente limita el crecimiento radicular, mientras que el tratamiento 1 no tenía CuCO_3 . Además, al observar la longitud radicular (LR) en promedio, que presentaron los tratamientos 1 y 4 es de 54 y 56 cm respectivamente (Cuadro 2), al mismo tiempo los dos tratamientos son estadísticamente iguales para esta variable; esto indica que al presentar un menor sistema radicular disminuye la capacidad de absorción y disponibilidad de nutrientes y esto puede afectar el crecimiento de la parte aérea.

Diámetro basal (DB)

La comparación de medias por el método Tukey (Cuadro 5) indica estadísticamente igualdad entre los tratamientos 1, 2, 3 y 5; resultando diferente y al mismo tiempo superior el tratamiento 4.

Estas diferencias se le puede atribuir, al tipo de contenedor. El tratamiento 4 presenta un mayor volumen, al igual que mayor diámetro superior de la cavidad de

éste (Cuadro 2), en comparación con los tratamientos 1, 2, 3 y 5. Además, el tratamiento 4 presentó una baja densidad de plántulas 286 plantas m^{-2} , en comparación con los otros tratamientos, los cuales tiene una densidad superior a 367 plantas m^{-2} (Cuadro 2). Esto pudo haber influido para que resultara superior el tratamiento 4, en comparación con los demás. Como se sabe, una mayor exposición a la radiación produce en las plántulas un tallo más grueso (Scarrat, 1972).

Peso seco aéreo (PSA)

La prueba de comparación de medias Tukey (Cuadro 5) agrupó a los cinco tratamientos, considerándolos iguales estadísticamente para esta variable. Esto se puede atribuir, posiblemente, a la poca edad de las plantas (150 días), para no presentar diferencias en esta variable (PSA). Además la planta a esta edad usa sus recursos para crecer el sistema radicular y por esto se desarrolla muy poco la parte aérea (Landis, 1990).

Peso seco raíz (PSR)

La separación de promedios por el método Tukey (Cuadro 5) indica, para esta variable, estadísticamente que los tratamientos 4 y 5 son iguales y superiores a los tratamientos 1, 2 y 3.

Estas diferencias se pueden atribuir, al volumen del contenedor. En el caso de los tratamientos 4 y 5 presentan mayor volumen, en comparación con los tratamientos 1

y 3, lo que se traduce en menor sustrato, humedad y disponibilidad de nutrientes para los tratamientos 1 y 3. Asimismo, el poco espacio que tienen los contenedores de estos tratamientos, para el crecimiento radicular, puede influir en esta variable. Por otra parte, el tratamiento 2 con un volumen de 170 ml, presentó (para esta variable) un promedio de 0.305 g, resultando inferior estadísticamente al tratamiento 5 con un volumen de 160 ml, este último presentó un promedio de 1.250 g. Esta diferencia se puede atribuir a la forma del contenedor. En el caso del tratamiento 5, el contenedor presenta un diámetro de la parte superior de las cavidades de 4 cm y una altura de 20.5 cm, mientras que el tratamiento 2 tiene un diámetro de 4 cm y una altura de contenedor de 15 cm; al ser el recipiente más largo en el tratamiento 5, favoreció posiblemente que las raíces sigan desarrollándose a lo largo del mismo, ocasionando un mayor crecimiento de la raíz y por ello un mayor peso seco raíz.

Peso seco total (PST)

Al realizar la prueba Tukey (Cuadro 5), resultó que el tratamiento 4 es superior a todos los demás tratamientos, a su vez estos últimos son iguales entre sí.

Las diferencias podrían ser atribuibles, al volumen de los contenedores, que es superior en el tratamiento 4 con respecto a los tratamientos 1, 2, 3 y 5. Esto indicaría que al tener mayor volumen el contenedor, la planta desarrolla mejor, además produciendo mayor cantidad de biomasa. También podría influir en estos resultados la densidad de crecimiento ya que el tratamiento 4 se desarrolló con una baja densidad de crecimiento (286 plantas m^{-2}) en comparación con los tratamientos 1, 2,

3 y 5 que presentaron una densidad mayor (762, 367, 533 y 583 plantas m^{-2} , respectivamente, Cuadro 2). Posiblemente esto ayudó a que el tratamiento 4 presentara una mayor cantidad de biomasa seca (PST) en comparación con los demás.

Volumen de raíz (VR)

La prueba de comparación de medias por el método Tukey (Cuadro 5), muestra que los tratamientos 2 y 4 son diferentes estadísticamente del tratamiento 3, siendo superiores los tratamientos 2 y 4 con un volumen radicular en promedio de 1.125 y 1.100 ml, respectivamente y resultando inferior estadísticamente el tratamiento 3, con un volumen en promedio de raíz 0.295 ml.

Posiblemente estas diferencias podrían presentarse por la diferencia en el volumen de los contenedores, presentando mayor volumen los tratamientos 2, 4 y 5 (170, 220 y 160 ml, respectivamente. Cuadro 2), con respecto al tratamiento 3. Esto indica mayor cantidad de nutrientes y humedad, para los tratamientos con mayor volumen, además un mayor espacio, facilitando así un incremento en el sistema radicular y por ello un mayor volumen de la raíz.

Por otra parte el tratamiento 1 y 3 son iguales estadísticamente, pero el tratamiento 1 presentó un volumen de raíz de 0.570 ml, superior con casi el doble en comparación con el tratamiento 3 con 0.295 ml, estas diferencias posiblemente se deban porque el tratamiento 1 no presentó carbonato de cobre ($CuCO_3$) en la pared interna del

contenedor favoreciendo un mayor VR en éste; mientras que el tratamiento 3 si presentó aplicación de CuCO_3 en la pared interna del recipiente y por esto posiblemente presentó un menor VR, en comparación con el tratamiento 1.

Longitud radicular (LR)

La comparación de medias por el método Tukey (Cuadro 5) indica diferencias entre los tratamiento 5 y 3, siendo superior el tratamiento 5 con una longitud total de raíz de 100.5 cm, e inferior el tratamiento 3 con una longitud de 36 cm.

Las diferencias entre los dos tratamientos pueden ser atribuibles a la diferencia en el volumen de los contenedores, que es casi el doble en el tratamiento 5 con respecto al tratamiento 3, esto se traduce en mayor sustrato y disponibilidad de nutrientes, asimismo en mayor espacio para el crecimiento radicular. Además, el uso del carbonato de cobre (CuCO_3) en los contenedores del tratamiento 3 pudieron influir en gran medida a limitar y disminuir el crecimiento del sistema radicular de las plantas de éste. Por otra parte, los tratamientos en que se utilizó el Copperblock (tratamientos 3 y 4) se encontró una disminución en la longitud radicular, pero se observó un mayor grosor radicular, este último dato no se incluye en los objetivos de este trabajo pero si se pudo apreciar visualmente.

4.2 Experimento 2. *Pinus cembroides* evaluado a 250 días

En el Cuadro 6 se puede observar en el análisis de varianza que existen diferencias significativas entre los tratamientos para las variables: altura total (AT), diámetro basal (DB), peso seco aéreo (PSA) y volumen de raíz (VR); asimismo se encontró diferencias altamente significativas para las variables: peso seco raíz (PSR), peso seco total (PST) y longitud radicular (LR).

A esta edad y para esta especie es muy probable la influencia del volumen del contenedor en las siete variables evaluadas (AT, DB, PSA, PSR, PST, VR y LR); indicando con esto, que a mayor volumen, un mayor incremento en las variables respuesta.

Al igual que el volumen de los contenedores, también es importante destacar que la densidad de plantas pudo influir en el incremento de las variables, principalmente de la parte aérea como son: DB, AT, PSA y PST y en menor influencia para las variables: PSR, LR y VR. A mayor densidad, es menor incremento de las variables respuesta y viceversa.

Lo anterior se comprueba, al observar que el tratamiento 4 presentó el mayor volumen del contenedor y la menor densidad de plantas, en comparación con los tratamientos 3 y 5 (Cuadro 2), obteniendo posteriormente en los resultados (Cuadro 7) que el tratamiento 4 es superior en la mayoría de las variables evaluadas, con respecto a los tratamientos 3 y 5.

La prueba de comparación de medias con el método Tukey (Cuadro 7) indica que el tratamiento 4 fue estadísticamente distinto y superior a los tratamientos 3 y 5 en las variables: diámetro basal (DB), volumen de raíz (VR) y peso seco total (PST).

Para las variables: altura total (AT) y peso seco aéreo (PSA), la prueba Tukey (Cuadro 7) agrupó a los tratamientos 4 y 5 como iguales entre sí, pero a su vez los tratamientos 3 y 5 son estadísticamente iguales, resultando diferente y superior el tratamiento 4, con respecto al tratamiento 3.

Esto se presenta posiblemente, debido a las diferencias en volumen y la densidad de plantas (Cuadro 2); aparte a esta edad la planta dedica más sus recursos a la parte aérea, por esto se nota más la influencia del contenedor, lo cual a la edad de 150 días, fué menos apreciable en este aspecto.

Referente a las variables: peso seco raíz (PSR) y longitud radicular (LR), el método Tukey (Cuadro 7) indica diferencias entre los tratamientos 4 y 5 con respecto al tratamiento 3. Asimismo, se encontró igualdad estadística entre los tratamientos 4 y 5, resultando estos dos superiores, en comparación con el tratamiento 3.

Posiblemente el tratamiento 3 fue inferior por presentar un volumen reducido y al mismo tiempo el uso del carbonato de cobre (CuCO_3) en la pared del contenedor, aspectos que pudieron influir en un menor desarrollo radicular y por ello un menor peso seco raíz, en comparación con los tratamientos 4 y 5.

4.3 Experimento 3. *Pinus greggii* evaluado a 150 días

En el Cuadro 8 se presentan los resultados del análisis de varianza, para cada una de las siete variables consideradas. Los resultados indican que los tratamientos son iguales estadísticamente para las variables: altura total (AT), diámetro basal (DB), peso seco aéreo (PSA), volumen de raíz (VR) y longitud radicular (LR) asimismo, se encontraron diferencias entre los tratamientos altamente significativas para las variables: peso seco raíz (PSR) y peso seco total (PST).

Para *Pinus greggii* a la edad de 150 días, se encontró que tiene poca influencia el tipo de contenedor, resultando en la prueba de comparación de medias Tukey, estadísticamente iguales entre sí los 5 tratamientos, para las variables: altura total (AT), diámetro basal (DB), peso seco aéreo (PSA), longitud radicular (LR) y volumen de raíz (VR) (Cuadro 9).

Posiblemente esto se presenta porque la especie es muy resistente y prospera en suelos pobres, someros y áreas con poca precipitación, así que pudo haber tenido poca influencia el tipo de contenedor, en el sentido de que es una planta pionera con crecimiento rápido en sus primeras etapas. También es probable que la poca edad (150 días) de las plantas no es suficiente para mostrar diferencias entre los tratamientos. Para las variables: peso seco radicular (PSR) y peso seco total (PST) la prueba Tukey (Cuadro 9) mostró diferencias estadísticas, entre el tratamiento 1 con respecto a los demás, resultando superior el tratamiento 1, en comparación con los tratamientos 2, 3, 4 y 5.

Esto se puede atribuir a que en el tratamiento 1 el recipiente presenta una altura de 20.5 cm, mientras que en el tratamiento 4 presenta una altura de 15 cm (Cuadro 2). Esto posiblemente influyó en un mejor crecimiento de la raíz en el tratamiento 4 y por ello una mayor proporción y peso seco raíz; al incrementar esta variable también incrementó el peso seco total.

4.4 Experimento 4. *Pinus greggii* evaluado a 250 días

En el Cuadro 10 se presentan los resultados del análisis de varianza para cada una de las siete variables consideradas. Los resultados indican que existe igualdad estadística entre tratamientos para la variable peso seco raíz (PSR). Asimismo, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para las variables altura total (AT), peso seco total (PST) y longitud radicular (LR). Por otra parte, para las variables diámetro basal (DB), peso seco aéreo (PSA) y volumen de raíz (VR), se presentan diferencias estadísticas altamente significativas entre los tratamientos.

Para *Pinus greggii* a la edad de 250 días, la prueba Tukey de comparación de medias (Cuadro 11) mostró diferencias entre el tratamiento 5 con respecto a los tratamientos 6 y 7, resultando superior estadísticamente el 5 en comparación con los demás tratamientos para las variables altura total (AT), diámetro basal (DB), peso seco aéreo (PSA) y volumen de raíz (VR).

Por otra parte la prueba de comparación de medias Tukey (Cuadro 11) indica al tratamiento 5 estadísticamente superior, con respecto al 7, en las variables peso seco total (PST) y longitud radicular (LR).

Sin duda, a esta edad y en la comparación de medias, se observa la superioridad del tratamiento 5 con respecto a los tratamientos 6 y 7. Esto se puede atribuir a la diferencia en volumen. El tratamiento 5 es el que presenta el mayor volumen y la menor densidad de plantas, en comparación con los tratamientos 6 y 7 que tienen menor volumen y mayor densidad de plantas (Cuadro 2).

Para la variable peso seco de la raíz (PSR), la prueba Tukey de comparación de medias (Cuadro 11) muestra que no existen diferencias. Por esto, los tres tratamientos son iguales entre sí estadísticamente. Posiblemente se deba porque que a la edad de 250 días las plantas ya alcanzaron el máximo crecimiento radicular, en los tres tratamientos; también es probable que el número de plantas por repetición y/o el número de tratamientos no haya sido suficiente para detectar diferencias, en vista de que la probabilidad de significancia estuvo muy cerca de presentar diferencias significativas y el coeficiente de variación que se obtuvo es elevado (Cuadro 10), en comparación con las demás variables evaluadas.

4.5 Discusión general

Para las dos especies a la edad de 150 días se observó que para las variables: altura total (AT) y peso seco aéreo (PSA) no tiene influencia el tipo de contenedor.

Posiblemente la edad de las plantas no es suficiente para manifestar diferencias entre los tratamientos; además la planta a esta edad utiliza su energía en el desarrollo radicular (Landis, 1990) y por ello se observa una pequeña diferencia en la biomasa de la parte aérea entre los tratamientos.

Al mismo tiempo se encontró que para la variable diámetro basal (DB), ésta parece tener relación con la densidad de plantas, a menor densidad un mayor incremento del diámetro basal, este aspecto se observa claramente en el tratamiento 4 (Copperblock con 286 plantas m^{-2}) en *Pinus cembroides* a 150 días y es más notorio a los 250; también en *Pinus greggii* a 250 días en el tratamiento 5 (Polietileno negro rígido con 519 plantas m^{-2}).

Carlson (1986) señala que el diámetro basal permite predecir la sobrevivencia de las plántulas en el campo, al mismo tiempo esta variable está fuertemente relacionada con el vigor de la planta, porque al tener un diámetro mayor se favorece la producción de yemas más grandes, este aspecto es recomendable en la producción de planta de mayor calidad, ya que el tamaño de la yema apical es proporcional al crecimiento potencial en la siguiente estación de crecimiento.

Por otra parte, se encontró que en las dos especies para las variables peso seco raíz (PSR), volumen de la raíz (VR) y longitud radicular (LR), existe influencia del volumen del contenedor, ya que con mayor volumen se produce un mayor sistema radicular expresado en las tres variables. Esto es lógico, por presentar un mayor

espacio o medio de crecimiento, este aspecto se aprecia poco a 150 días y es más evidente a los 250 días.

González (1995) hace mención que entre más grande sea el sistema radicular de la planta, ésta tendrá mayor posibilidad de desarrollarse en el medio de crecimiento y captar mayor cantidad de agua y nutrientes; además, incrementará la posibilidad de infección micorrícica. Asimismo, Carlson (1986) menciona que el tamaño de la raíz, puede afectar la tasa de transpiración y el intercambio gaseoso, y las plantas poco desarrolladas pueden estar bajo condiciones de tensión hídrica, porque absorben agua en forma insuficiente y se ocasiona un déficit debido a las pérdidas por transpiración del follaje.

Para la variable peso seco total (PST), con los resultados obtenidos se encontró, que a mayor diámetro (superior) de la cavidad y un mayor volumen del contenedor, es mayor el incremento de esta variable, esto se observa en *Pinus cembroides* a 150 y 250 días en el tratamiento 4 (Copperblock 220 ml) y en *Pinus greggii* a 150 días en el tratamiento 1 (Sistema super cell 160 ml) y a 250 días en el tratamiento 5 (Polietileno negro rígido 90 ml).

Vera (1995) menciona que la biomasa total producida es una de las variables de mayor importancia, porque al mismo tiempo se está considerando el peso seco aéreo y el peso seco radicular; la biomasa tiene alta correlación con la sobrevivencia de las plantas en el campo, pero sobre todo con una buena proporción parte aérea / parte radicular.

De acuerdo a los resultados obtenidos el uso de carbonato de cobre (CuCO_3) en *Pinus cembroides* a 150 y 250 días. En el tratamiento 3 (Copperblock 85 ml) se produce una disminución en longitud radicular y esto afecta posiblemente en una disminución en el incremento de las demás variables evaluadas; quizás el espacio reducido del recipiente y la aplicación del cobre en la pared interna del contenedor limitaron el crecimiento radicular y por ello hubo menor disponibilidad de agua y nutrientes y al mismo tiempo se limitó el crecimiento de la parte aérea. Por otra parte, en la misma especie (*P. cembroides*) en el tratamiento 4 (Copperblock 220 ml) a 150 y 250 días, también con la aplicación del carbonato de cobre, se presentó uno de los mayores valores, posiblemente influyeron varios aspectos, como el mayor volumen del contenedor y la baja densidad de plantas; es probable que esto favoreciera el incremento de las demás variables evaluadas, excepto para la longitud radicular; asimismo se pudo apreciar que en este último tratamiento, se presentó una menor longitud radicular, pero generando raíces secundarias con mayor grosor y favoreciendo una producción de raíces terciarias muy pequeñas que por su tamaño no se midieron.

Por último, el número de estrías que presentan los contenedores, posiblemente tiene influencia, para favorecer, un mayor desarrollo radicular, esto se observa en los tratamientos que presentan 4 estrías, generalmente tienen mayor longitud radicular, en comparación con los tratamientos que presentan 3 estrías, donde disminuye el largo de las raíces. Es importante destacar que la presencia de estrías también ayuda a disminuir el problema indeseable de la raíz en forma de espiral, problema que se presenta, frecuentemente en el género *Pinus* (Barnett y Brissette, 1986).

Cuadro 4. Análisis de varianza para siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus cembroides* a la edad de 150 días.

Variabes		Altura Total (AT)			Diámetro Basal (DB)			Peso Seco Aéreo (PSA)			Peso Seco Raíz (PSR)			Peso Seco Total (PST)			Volumen de la Raíz (VR)			Longitud Radicular (LR)		
FV	gl	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F
Trat	4	7.9565	8.89	0.0170*	0.7010	18.95	0.0032**	0.1543	4.82	0.0574 NS	0.9274	66.39	0.0002**	1.3593	19.19	0.0031**	0.2523	6.43	0.0331*	1574.4000	6.45	0.0329*
Error	5	0.8950			0.0370			0.0320			0.0139			0.0708			0.0392			244.0000		
Total	9																					
		CV = 12.08 %			CV = 7.98 %			CV = 26.54 %			CV = 15.69 %			CV = 18.65 %			CV = 26.14 %			CV = 22.87 %		

FV = Fuente de variación; gl = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; Fc = F calculada; Pr > F = Probabilidad de cometer error tipo I al rechazar Ho.

** = Altamente significativo; * = Significativo; NS = No significativo; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 5. Prueba Tukey de comparación de medias aplicada a siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus cembroides* a la edad de 150 días.

TRATAMIENTOS	VARIABLES													
	Altura Total (cm)		Diámetro Basal (mm)		Peso Seco Aéreo (g)		Peso Seco Raíz (g)		Peso Seco Total (g)		Volumen de la Raíz (ml)		Longitud Radicular (cm)	
	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey
1- Styroblock	8.35	A B	2.10	B	0.620	A	0.170	B	0.790	B	0.570	A B	54.00	A B
2- Styroblock	10.50	A	2.40	B	0.815	A	0.305	B	1.120	B	1.125	A	95.00	A B
3- Copperblock	5.15	B	2.30	B	0.485	A	0.340	B	0.825	B	0.295	B	36.00	B
4- Copperblock	8.35	A B	3.40	A	1.075	A	1.700	A	2.775	A	1.100	A	56.00	A B
5- Sist. Super cell	6.80	A B	1.85	B	0.375	A	1.250	A	1.625	B	0.700	A B	100.50	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro 6. Análisis de varianza para siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus cembroides* a la edad de 250 días.

Variabes	Altura Total (AT)			Diámetro Basal (DB)			Peso Seco Aéreo (PSA)			Peso Seco Raíz (PSR)			Peso Seco Total (PST)			Volumen de la Raíz (VR)			Longitud Radicular (LR)				
	FV	gl	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F
Trat	2		34.5800	12.56	0.0348*	3.8616	26.03	0.0127*	3.6492	17.85	0.0216*	1.3023	95.18	0.0019**	8.3079	53.78	0.0045**	3.5304	14.30	0.0293*	5364.6666	37.47	0.0076**
Error	3		2.7533			0.1483			0.2044			0.0136			0.1544			0.2469			143.1666		
Total	5																						
			CV = 16.10 %			CV = 11.73 %			CV = 27.29 %			CV = 8.44 %			CV = 12.92 %			CV = 31.45 %			CV = 14.38 %		

FV = Fuente de variación; gl = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; Fc = F calculada; Pr > F = Probabilidad de cometer error tipo I al rechazar Ho.

** = Altamente significativo; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 7. Prueba Tukey de comparación de medias aplicada a siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus cembroides* a la edad de 250 días.

TRATAMIENTOS	VARIABLES													
	Altura Total (cm)		Diámetro Basal (mm)		Peso Seco Aéreo (g)		Peso Seco Raíz (g)		Peso Seco Total (g)		Volumen de la Raíz (ml)		Longitud Radicular (cm)	
	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey
3- Copperblock	5.80	B	2.20	B	0.52	B	0.455	B	0.975	C	0.64	B	28.50	B
4- Copperblock	14.00	A	4.85	A	3.15	A	1.900	A	5.050	A	3.10	A	89.50	A
5- Sist. Super cell	11.10	A B	2.80	B	1.30	A B	1.800	A	3.100	B	1.00	B	131.50	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro 8. Análisis de varianza para siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus greggii* a la edad de 150 días.

Variables		Altura Total (AT)			Diámetro Basal (DB)			Peso Seco Aéreo (PSA)			Peso Seco Raíz (PSR)			Peso Seco Total (PST)			Volumen de la Raíz (VR)			Longitud Radicular (LR)		
FV	gl	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F
Trat	4	3.5540	3.40	0.1059 NS	0.0220	1.52	0.3252 NS	0.0144	0.70	0.6269 NS	1.7588	24.96	0.0017 **	1.8290	13.93	0.0064**	0.5735	1.62	0.3018 NS	3871.4000	3.51	0.1005 NS
Error	5	1.0450			0.0145			0.0207			0.0704			0.1312			0.3540			1102.9000		
Total	9																					
		CV = 9.35 %			CV = 6.59 %			CV = 16.90 %			CV = 30.09 %			CV = 20.89 %			CV = 36.27 %			CV = 18.17 %		

FV = Fuente de variación; gl = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; Fc = F calculada; Pr > F = Probabilidad de cometer error tipo 1 al rechazar Ho.

** = Altamente significativo; NS = No significativo; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 9. Prueba Tukey de comparación de medias aplicada a siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus greggii* a la edad de 150 días.

TRATAMIENTOS	VARIABLES													
	Altura Total (cm)		Diámetro Basal (mm)		Peso Seco Aéreo (g)		Peso Seco Raíz (g)		Peso Seco Total (g)		Volumen de la Raíz (ml)		Longitud Radicular (cm)	
	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey
1- Sist. Super cell	9.15	A	1.85	A	0.855	A	2.525	A	3.380	A	2.40	A	225	A
2- Copperblock	12.50	A	1.75	A	0.800	A	0.245	B	1.045	B	1.05	A	116	A
3- Styroblock	11.90	A	1.75	A	0.740	A	0.395	B	1.135	B	1.25	A	176	A
4- Styroblock	10.20	A	1.78	A	0.950	A	0.765	B	1.715	B	1.76	A	221	A
5- Polietileno negro rígido	10.90	A	2.00	A	0.915	A	0.480	B	1.395	B	1.90	A	175	A

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Cuadro 10. Análisis de varianza para siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus greggii* a la edad de 250 días.

Variabes	FV	gl	Altura Total (AT)			Diámetro Basal (DB)			Peso Seco Aéreo (PSA)			Peso Seco Raíz (PSR)			Peso Seco Total (PST)			Volumen de la Raíz (VR)			Longitud Radicular (LR)		
			CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F	CM	Fc	Pr > F
Trat	2		11.221	28.90	0.0110*	0.9262	105.86	0.0017**	2.1385	55.64	0.0043**	0.4195	8.75	0.0560 NS	2.5835	16.92	0.0232*	4.3550	48.39	0.0052**	6905.1666	18.06	0.0212*
Error	3		0.3883			0.0087			0.0384			0.0479			0.1526			0.0900			382.3333		
Total	5																						
			CV = 6.00 %			CV = 5.12 %			CV = 19.47 %			CV = 27.20 %			CV = 21.56 %			CV = 20.00 %			CV = 15.55 %		

FV = Fuente de variación; gl = Grados de libertad; CM = Cuadrado medio; Fc = F calculada; Pr > F = Probabilidad de cometer error tipo I al rechazar Ho.

** = Altamente significativo; * = Significativo; NS = No significativo; CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 11. Prueba Tukey de comparación de medias aplicada a siete variables morfológicas evaluadas en *Pinus greggii* a la edad de 250 días.

TRATAMIENTOS	VARIABLES													
	Altura Total (cm)		Diámetro Basal (mm)		Peso Seco Aéreo (g)		Peso Seco Raíz (g)		Peso Seco Total (g)		Volumen de la Raíz (ml)		Longitud Radicular (cm)	
	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey	Media	Agrupación Tukey
5- Polietileno negro rígido	13.10	A	2.60	A	2.200	A	1.250	A	3.030	A	3.20	A	185.00	A
6- Styroblock	8.75	B	1.55	B	0.375	B	0.830	A	1.625	A B	0.75	B	124.50	A B
7- Styroblock	9.30	B	1.32	B	0.445	B	0.335	A	0.780	B	0.55	B	67.50	B

Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

V CONCLUSIONES

Con base en los resultados del presente estudio, se concluye:

1. Para *Pinus cembroides* el tratamiento que obtuvo mayor incremento en la mayoría de las variables evaluadas (altura total, diámetro basal, peso seco raíz, peso seco total, volumen de la raíz y ramificación radicular), es el número 4 (Copperblock 220 ml), resultando ser superior tanto a 150 como a 250 días.
2. En *P. cembroides* las variables altura total, diámetro basal, peso seco raíz, peso seco total, volumen de raíz y longitud radicular fueron sensibles a los tratamientos, a la edad de 150 días excepto para la variable peso seco aéreo.
3. En *P. cembroides*, a la edad de 250 días, todas las variables evaluadas mostraron ser sensibles a los tratamientos.
4. En *P. greggii*, el tratamiento 1 (Sistema super cell 160 ml) presentó mayor incremento en las variables peso seco raíz y peso seco total a la edad de 150 días; las demás variables no mostraron diferencias entre tratamientos.
5. Asimismo se puede concluir que a la edad de 250 días para *P. greggii*, el tipo de contenedor influyó en el crecimiento de las variables altura total, diámetro basal, peso seco aéreo, peso seco total, volumen de la raíz y longitud radicular; excepto para peso seco raíz.

6. El tratamiento 5 (Poliétileno negro rígido 90 ml) en *P. greggii* a 250 días presentó los mayores incrementos.

7. También se concluye que con el uso del carbonato de cobre (CuCO_3) para controlar el crecimiento radicular, produjo plantas con menor longitud radicular, en comparación con los contenedores que no tienen CuCO_3 .

8. Los tratamientos con la aplicación del CuCO_3 y mayor volumen de los recipientes presentaron mayores resultados, en comparación con los contenedores de menor volumen, también con aplicación del CuCO_3 .

VI RECOMENDACIONES

Con base a los resultados encontrados en este trabajo, se recomienda lo siguiente:

- a) Para elegir el tipo de contenedor adecuado se requiere siempre definir claramente los objetivos en la producción de planta.
- b) Dada la diversidad que existe de tipos de contenedores, es recomendable seguir evaluando otros tipos de recipientes, a efecto de tener mayor información acerca de la influencia que tiene el tipo de contenedor en la respuesta fisiológica en cada especie.
- c) Es recomendable utilizar contenedores de mayor volumen y profundidad de las cavidades, para desarrollar plantas con un mayor sistema radicular. También se debe considerar el aspecto económico, es decir que sea redituable la inversión en contenedores de mejor calidad.
- d) El uso del carbonato de cobre (CuCO_3) es recomendable para controlar el crecimiento del sistema radicular. Esto implica un costo adicional en la producción de la planta, pero los beneficios de la inversión se observan en la producción de plantas de calidad y en consecuencia en una mayor sobrevivencia en las plantaciones.

- e) Asimismo es recomendable la aplicación del CuCO_3 en contenedores con mayor volumen.

- f) Aumentar repeticiones y el número de plantas por repetición para detectar diferencias entre tratamientos.

VII RESUMEN

El presente trabajo se realizó en el invernadero forestal de la U.A.A.A.N. en Buenavista, Saltillo, Coahuila, El objetivo de éste es evaluar el efecto de algunos tipos de contenedores en el crecimiento de plántulas de *Pinus cembroides* Zucc. y *P. greggii* Engelm., de manera independiente a la edad de 150 y 250 días, considerando las siguientes variables morfológicas: altura total de la planta, diámetro basal, peso seco aéreo, peso seco raíz, peso seco total, volumen de la raíz, y longitud radicular.

En este trabajo se realizaron cuatro experimentos de manera independiente cada uno. En el experimento 1 se evaluó el crecimiento de *P. cembroides* a 150 días producido en cinco tipos de contenedores (cinco tratamientos); en el experimento 2 se evaluó *P. cembroides* a 250 días comparando tres tipos de contenedores (tres tratamientos); en el experimento 3 se evaluó *P. greggii* a 150 días comparando cinco tipos de contenedores (cinco tratamientos); en el experimento 4 se evaluó *P. greggii* a 250 días comparando tres tipos de contenedores (tres tratamientos).

Los cuatro experimentos se establecieron bajo un diseño completamente al azar. El análisis estadístico de los datos se realizó con el paquete SAS (Statistical Analysis System For Windows Versión 6.12). En éste se obtuvieron los análisis de varianza y cuando hubo diferencias se realizó las pruebas de comparación de medias por el método Tukey.

Los resultados obtenidos en el experimento 1. *P. cembroides* evaluado a 150 días, el tratamiento 4 (Copperblock 220 ml), resultó ser superior a los tratamientos 1, 2, 3 y 5, al obtener mayor incremento en las variables altura total, diámetro basal, peso seco raíz, peso seco total, volumen de la raíz y longitud radicular, y la variable que no fue sensible a los tratamientos es peso seco aéreo.

El experimento 2. *P. cembroides* evaluado a 250 días, el tratamiento 4 (Copperblock 220 ml), resultó ser superior a los demás tratamientos (tratamientos 3 y 5) en las variables altura total, diámetro basal, peso seco aéreo, peso seco raíz, peso seco total y volumen de la raíz. Por otra parte el tratamiento 5 presentó el mayor incremento únicamente para la variable longitud radicular.

En el experimento 3. *P. greggii* evaluado a 150 días, el tratamiento 1 (Sistema super cell 160 ml) resultó superior a los demás tratamientos (tratamientos 2, 3, 4, 5) presentando el mayor incremento en las variables peso seco raíz y peso seco total; las demás variables no mostraron diferencias entre tratamientos.

En el experimento 4. *P. greggii* evaluado a 250 días, el tratamiento 5 (Polietileno negro rígido 90 ml) se presentó superior a los tratamientos 6 y 7, presentando los mayores incrementos en la mayoría de las variables, excepto para la variable peso seco raíz, ésta no fue sensible a los tratamientos.

VIII LITERATURA CITADA

- Barnett, J. P. y J. C. Brissette. 1971. Producing southern pine seedlings in containers. Gen. Tech. Rep. SO-59. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. USA. 71 p.
- Barnett, J. P. y J. C. Brissette. 1986. Producing southern pine seedlings in containers. Gen. Tech. Rep. SO-59. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. USA. 101 p.
- Barnett, J. P. y J. M. McGilvray. 1987. Practical guidelines for producing longleaf pine seedling in containers. Gen Tech. Rep. SRS-14. Asheville, NC: USDA Forest Service, Southern Research Station. USA. 28 p.
- Burdett, A. N., D. G. Simpson y C. F. Thompson. 1983. Root development and plantation establishment success. *Plant and Soil* 71: pp. 103-110.
- Carlson, W. C. 1986. Root system considerations in the quality of loblolly pine seedling. *J. Appl. For.* 10: 87-92.
- CETENAL. 1975. Carta topográfica. Saltillo G14 C33. Escala 1: 50,000. México.
- Dong, H. y A. N. Burdett. 1986 Chemical root pruning of chinese pine seedlings raised in cupric sulfide impregnated paper containers. *New Forests* 1: 67-73.
- Donahue, J. K. 1990. Geographic variation in *Pinus greggii* Engelm. in relation to soil acidity. M.C.Thesis. North Carolina State University. Raleigh, N.C. USA.70 p.
- Dvorak, W. S. y J. K. Donahue. 1992. Reseña de investigaciones 1980-1992. CAMCORE. Cooperativa de recursos de coníferas de Centroamérica y México. Departamento forestal. Colegio de recursos forestales. Universidad Estatal de Carolina del Norte. USA. pp. 26-27.
- Garcia, M. E. 1985. Estado actual de conocimiento de los piñoneros. Primer simposium nacional sobre pinos piñoneros. Universidad Autonoma de Nuevo León. Unidad Linares, Nuevo León. México. 248 p.

- Girouard, R. M. 1982. Greenhouse production of white spruce, black spruce, jack pine, and red pine seedlings in three types of containers. Rep. No. LAU-X-57 Sainte-Foy, PQ: Canadian Forestry Service, Laurentian Forest Research Centre. USA. 14 p.
- González K., V. 1995 Tipos de envases en viveros forestales *In*: Viveros forestales. SAGAR-INIFAP. Centro de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales. Publicación especial No. 3 México, D. F. pp. 26-36.
- Hocking, D. y D. L. Mitchell. 1974. The influences of rooting volume: seedling spacing and substratum density on greenhouse growth of lodgepole pine, cylinders. *Canadian Journal of Forest Research* 5: 440-451.
- Hulten, H. 1982. Chemically controlled root formation. *In*: Hulten, H. (ed.). Root deformation of forest tree seedlings. Proceedings, a nordic symposium. Garpenberg, Sweden. Rep. No 11. Garpenberg, Sweden: The Swedish University of Agricultural Science, Department of Forest Yield Research: USA. pp. 95-98.
- James, R. L., R. K. Dumroese, y D. L. Wenny. 1991. *Fusarium* diseases of conifer seedlings. *In*: Sutherland J. R y S. G. Glover. (eds). Proceedings, First Meeting of IUFRO Working Party S2.07-09, Diseases and Insects in Forest Nurseries. Info. Rep. BC-X-331. Victoria, BC: Forestry Canada, Pacific Forestry Centre: USA. pp. 181-190.
- Kinghorn, J. M. 1974. Principles and concepts in container planting *In*: Tinus, R. W., W. I. Stein y W. E. Balmer. (eds.). Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26 -29; Denver, CO. Publ 68. Great Plants Agricultural Council: USA. pp. 78 -102.
- Landis, T. D. 1990. Container types and functions. *In*: Landis, T. D.; Tinus, R. W., S. E. McDonald y J. P. Barnett. (eds.). The Containers Tree Nursery Manual, Volume 2. Agric. Handbk. 674. Washington, D. C: U. S. Departament of Agriculture, Forest Service: USA. pp. 1- 39.
- López, J., J. Jasso., J. J. Vargas y J. C. Ayala. 1993. Recursos naturales renovables . Agrociencia. Vol 3. Num. 1. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México 95 p.

- McDonald, S. E., R. W. Tinus, C.P.P. Reid, y S.C. Grossnickle. 1984. Effect of CuCO_3 container wall treatment and mycorrhizae fungi inoculation of growing medium on pine seedling growth and root development. *Journal of Environmental Horticulture* 2(1): 5-8.
- Martínez, M. 1948. *Los pinos mexicanos*. Segunda Edición. Ediciones Botas. México 361 p.
- Mirov, N. T. 1967. *The genus Pinus*. The Ronald Press Company. New York. 602 p.
- Odlum, K. D. 1992. Hardening and overwintering container stock in Ontario: practices and research. In Donnelly, L.P., y H. W. Lussenburg. (eds). *Proceedings of the 1991 Forest Nursery Association of British Columbia Meeting*, Prince George, BC. Canada. pp. 29-35.
- Odlum, K. D. 1995. *Selecting greenhouse temperatures to control black spruce and jack pine seedling growth*. Pocket guide. Ontario Forest Research Institute. Canada. 36 p.
- Olayo M. A. y A. M. Mondragón. 1985. *El manejo del pino piñonero*. Primer simposium nacional sobre pinos piñoneros. Universidad Autónoma de Nuevo León. Unidad Linares, Nuevo León. México. 248 p.
- Padrón C., E. 1982. *Diseños experimentales con aplicación a la agricultura y la ganadería*. Editorial y diseño gráfico de la subdirección de difusión y servicios de apoyo, Departamento de Estadística y Cálculo. U.A.A.A.N. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México. 275 p.
- Perry J., J. P. 1991. *The pines of México and America Central*. Timber Press, Inc. Portland, Oregon, USA. 563 p.
- Pollett, H., M. Lizow y L. Mainquist. 1980. Use of metal compounds as root pruning agents. *Hort Science* 15: 308-309.
- Prieto R., J. A., G. C. Vera y E. B. Merlin. 1999. Factores que influyen en la calidad de brinzales y criterios para su evaluación en vivero. Folleto Técnico No. 12 Campo Experimental Valle del Guadiana. CIRNOC. INIFAP. Durango. Dgo. 23 p.

- Rzedowski, J. 1978. La vegetación de México. Editorial Limusa. México. 432 p.
- Robert, M. F. 1977. Notas sobre el estudio ecológico y fitogeográfico de los bosques de *Pinus cembroides* Zucc. en México. Ciencia Forestal. 2 (10) : 49-58.
- Scarratt, J. B. 1972. Effect of tube diameter and spacing on the size of tubed seedling planting stock. Info. Rep. O-X-170. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre. USA. 16 p.
- Stauder, A. F. y W. J. Lowe. 1984. Container density does not affect baldcypress growth. Tree Planters Notes 35 (4): 20-21.
- Tanaka, Y. y R. Timmis. 1974. Effect of container density on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings. In: Tinus, R. W., W. I. Stein y W. E. Balmer. (eds.). Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium. Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council: USA. pp. 181-186.
- Timmis, R. y Y. Tanaka. 1976. Effects of container density and plant water stress on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings. Forest Science 22(2): 167-172.
- Tinus, R. W. 1974. Large trees for the Rockies and plains. In: Tinus, R.W., W. I. Stein y W. F. Balmer. (eds). Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium. Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council: USA. pp. 112-118.
- Tinus, R. W. y S. E. McDonald. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouse. Gen. Tech. Rep. RM-60. Ft Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. USA. 256 p.
- Vera C., J.A.G. 1995. The influence of antidesiccants on field performance and physiology of 2+0 ponderosa pine (*Pinus ponderosa* Dougl.) seedlings. Ph.D. Thesis. Oregon State University. 134 p.
- Wenny, D. L., R. K. Dumroese y H. L. Osborne. 1988. First year field growth of chemically root pruned containerized seedlings. New Forests 2 (2): 111- 118.