

MANUAL DE VIVEROS PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPECIES FORESTALES EN CONTENEDOR

CONTENEDORES Y MEDIOS DE CRECIMIENTO



Departamento de Agricultura de los
Estados Unidos

Servicio Forestal

Manual Agrícola 674

Secretaría de Medio Ambiente
Recursos Naturales y Pesca

Subsecretaría de Recursos
Naturales

Dirección General del Programa
Nacional de Reforestación

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Forestales

Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor



- Volumen Uno Planeación, Establecimiento y Manejo.**
- Volumen Dos Contenedores y Medios de Crecimiento**
- Volumen Tres Condiciones Ambientales del Vivero**
- Volumen Cuatro Fertilización y Riego**
- Volumen Cinco El Componente Biológico: Plagas, Enfermedades y Micorrizas en el Vivero**
- Volumen Seis Propagación de Plantas**
- Volumen Siete Preparación de la Planta, Almacenamiento y Plantación**



Landis, T.D.; Tinus, R.W.; McDonald, S.E.; Barnett, J.P. 1990. Containers and Growing Media, Vol. 2, The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 88p.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Servicio Forestal

Manual Agrícola 674

Publicación en Inglés: Diciembre 1990

Secretaría de Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca

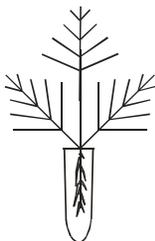
Subsecretaría de Recursos Naturales

Dirección General del Programa Nacional de Reforestación (PRONARE)

Universidad Autónoma Chapingo

División de Ciencias Forestales

Publicación en Español: Octubre 2000



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Dos

Contenedores y Medios de Crecimiento



Thomas D. Landis, Especialista en Viveros. Región Oeste, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Dasonomía Estatal y Privada, Portland, Oregon, E.U.A.

Richard W. Tinus, Supervisor en Fisiología Vegetal, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Estación Experimental Forestal y Agrostológica de las Montañas Rocosas, Flagstaff, Arizona, E.U.A.

Stephen E. McDonald, Director Asistente, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Estación Experimental Forestal y Agrostológica de las Montañas Rocosas, FT Collins, Colorado, E.U.A.

James P. Barnett, Supervisor Principal en Silvicultura, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Estación Experimental Forestal del Sur, Pineville, Louisiana, E.U.A.

Rebecca G. Nisley, Editor, Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Oficina de Relaciones Públicas, Washington D.C., E.U.A.



Dante Arturo Rodríguez Trejo. Traducción libre del inglés al español. Profesor-Investigador, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México, México. Revisión Final de Impresión

J. Ricardo Sánchez Velázquez, Rebeca Aldana Barajas. Revisión de la Traducción, Verificación de Terminología Técnica, Corrección de Estilo, Edición y Formación de Archivos Magnéticos.

PRECAUCIÓN: PLAGUICIDAS

Esta publicación refiere investigaciones que involucran plaguicidas. Todo uso de plaguicidas debe ser registrado, con antelación a su recomendación, por las agencias federales y/o estatales correspondientes.

PRECAUCIÓN: Los plaguicidas pueden ser dañinos para personas, animales domésticos, plantas deseables, peces y vida silvestre en general, si éstos no son manejados o aplicados apropiadamente. Use todos los plaguicidas selectiva y cuidadosamente. Siga las prácticas recomendadas tanto para la disposición de excedentes de plaguicidas como de sus contenedores.



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Dos

Contenedores y Medios de Crecimiento

Thomas D. Landis

Índice

	Pág.
Capítulo 1 - Contenedores: Tipos y Funciones	1
2.1.1 Introducción	3
2.1.2 Características de los Contenedores para Viveros Forestales	5
2.1.3 Tipos de Contenedores	20
2.1.4 Poda Química de Raíz	31
2.1.5 Conclusiones y Recomendaciones	35
2.1.6 Literatura Citada	36
Capítulo 2 - Medios de Crecimiento	41
2.2.1 Introducción	44
2.2.2 Funciones de un Medio de Crecimiento	46
2.2.3 Características de un Medio de Crecimiento Ideal	47
2.2.4 Componentes Utilizados en la Formulación de Medios de Crecimiento para Especies Forestales	61
2.2.5 Seleccionando un Medio de Crecimiento	71
2.2.6 Mezclado de Sustratos Hechizos - Procedimientos y Consideraciones	77
2.2.7 La importancia de una Compactación Adecuada del Medio de Crecimiento	83
2.2.8 Conclusiones y Recomendaciones	85
2.2.9 Literatura Citada	86
Índice de Nombres Científicos y Comunes	90



La traducción y edición de dos de los siete volúmenes del Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor, del Servicio Forestal de los Estados Unidos (USDA-FS), ha sido sin duda, la culminación de un gran esfuerzo en pro de mejorar la calidad de planta producida en México bajo este sistema.

El proyecto de la traducción nació como una de las líneas estratégicas por parte del Grupo de Trabajo de Viveros y Plantaciones Forestales, en el marco del Memorandum de Entendimiento (MOU: *Memorandum of Understanding*) entre México y los Estados Unidos de América, el cual trabajó en forma continua hasta 1995, bajo el esquema de organización definido por el MOU prevaeciente en ese entonces. Para esas fechas, el establecimiento de viveros de alta productividad se volvía realidad en nuestro país, operando en muchos de ellos bajo el sistema de producción en charolas de poliestireno expandido. Este hecho permitió inferir al Grupo que dicho sistema tendería a usarse cada vez más, por lo cual el apoyo de los manuales sería una excelente herramienta, apoyando de manera significativa a todos aquellos viveristas que usan y usarán el sistema para la producción de especies forestales.

El proceso de traducción se inició de manera inmediata por uno de los miembros del Grupo de la contraparte mexicana, lográndose traducir cuatro de los cinco volúmenes disponibles en esas fechas, contando en todo momento con el apoyo directo del USDA-FS, a través del autor principal de la obra quien a su vez, fue el líder del grupo de la contraparte estadounidense.

No obstante, a finales de 1995 el proyecto se vio interrumpido debido a la culminación del MOU, así como a la reorganización de los órganos de la Administración Pública, con lo cual muchos de los proyectos encaminados por el Grupo se vieron afectados, destacando por supuesto, el de la traducción del manual.

Es hasta finales de 1999 en que el proyecto se vuelve a retomar, dada la necesidad de contar con este tipo de información técnica en todos los viveros que producen bajo el sistema de contenedor, ya que actualmente una tercera parte de la producción nacional se realiza en contenedores, bajo diferentes modalidades. En este sentido y por iniciativa del personal técnico de la Dirección General del Programa Nacional de Reforestación (PRONARE), se fortalecen los

contactos con el personal del USDA-FS para finalizar el proyecto de la traducción, edición e impresión de los volúmenes 2 y 4, correspondientes a Contenedores y Medios de Crecimiento, y Fertilización y Riego, respectivamente.

Cada uno de los volúmenes del Manual cuenta con un lenguaje técnico relativamente sencillo, acompañado de ejemplos y gráficos que hacen didáctico y comprensible su contenido, con lo cual resulta aún más fácil entender los fundamentos para la producción de planta de calidad.

Aunque el mismo manual lo establece, es importante mencionar que la gran mayoría de los ejemplos donde se incluyen ensayos y respuestas de diferentes especies utilizadas para las pruebas, son en su mayoría coníferas de otras latitudes, diferentes a las presentes en nuestro país, y deberán ser consideradas sólo en forma indicativa, por lo cual será necesario que se tomen las reservas necesarias, hasta en tanto no se realicen los debidos análisis y pruebas sobre la gran diversidad de especies (tanto coníferas como latifoliadas) que se producen en México, bajo este sistema.

El proyecto para finalizar la traducción, edición e impresión de los restantes 5 manuales representa una tarea por demás ambiciosa, pero necesaria, por lo cual, será de suma importancia que este proyecto pueda tener continuidad en años subsecuentes, ya que ello garantizará que en México se cuente con una valiosa herramienta bibliográfica, que fortalezca los actuales conocimientos y prácticas de producción, permitiendo con ello minimizar muchos de los errores que se han cometido en los viveros, algunas de las veces por falta de elementos y conocimientos aplicables al proceso de producción. Asimismo, permitirá reforzar los conocimientos en las tareas de enseñanza e investigación al servir de soporte en el ámbito académico en esta materia.

Estamos convencidos que esta información será utilizada para mejorar sustancialmente muchas de las prácticas realizadas en los viveros en forma tradicional y empírica, y aún en aquellos que trabajan con aplicación de conocimientos técnicos, permitiendo afinar los diferentes procesos para lograr finalmente el objetivo principal de un vivero forestal: **La producción de planta de calidad.**

J. Ricardo Sánchez Velázquez



La culminación de estos dos volúmenes sólo fue posible gracias a la participación y el apoyo de gente e instituciones que en forma desinteresada y comprometida con el proyecto, lo hicieron realidad. Especial agradecimiento a:

- El **Servicio Forestal** del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (**USDA-FS**).
- **Tom Landis** por su invaluable apoyo al proporcionar la autorización como parte del **USDA-FS** para la traducción, como autor principal del Manual y, por proveer los archivos originales de las fotografías y gráficos. Asimismo, se reconoce su entusiasta participación en las actividades de viveros y reforestación en nuestro país, desde el año de 1993 a la fecha, especialmente como líder del Grupo de Plantaciones Forestales en el marco del MOU, donde nació este proyecto.
- **Jan Engert** por apoyar la autorización para la traducción y edición, así como por su respaldo a las actividades de cooperación internacional hacia México.
- **Vicente Arriaga Martínez** por su compromiso con el proyecto, logrando obtener la consecución de los recursos económicos y autorizar la edición final de los volúmenes a cargo del PRONARE.
- **Dante Arturo Rodríguez Trejo** por su apoyo y participación incondicional para realizar la traducción de los dos volúmenes y revisión de la versión final de los documentos, como parte del Grupo de Viveros y Plantaciones Forestales del anterior Memorándum.
- **Raúl Moreno** por su entusiasta participación y apoyo al proyecto como miembro del Grupo de Plantaciones Forestales.
- **J. Ricardo Sánchez Velázquez** y **Rebeca Aldana Barajas**, por su entusiasta dedicación para la revisión de la traducción, terminología técnica, corrección de estilo, edición y formación de los archivos magnéticos.
- A todos los miembros del **Grupo de Plantaciones Forestales** del anterior **Memorándum de Entendimiento** entre México y los Estados Unidos de América, que dieron inicio a este importante proyecto.

In Memoriam

M. Sc. Robert Neuman (1957-1996)

Esta publicación en español es dedicada a la memoria de **Bob Neuman** fallecido el 6 de octubre de 1996 en la Ciudad de Las Cruces, Nuevo México, EUA, en reconocimiento a su incansable labor en el campo de la Genética y Viveros Forestales. Se reconoce de igual forma su entusiasta participación en México, como parte del Grupo CEFORA (Centro de Forestación de las Américas), en el Marco del Memorándum de Entendimiento entre México y los Estados Unidos.



El trabajo para elaborar el primer manual técnico referente a la producción de plantas de especies forestales en contenedor, intitulado "Cómo cultivar plantas de especies forestales en contenedor en invernaderos" ("How to grow tree seedlings in containers in greenhouses"), fue iniciado en junio de 1975 por Richard W. Tinus y por Stephen E. McDonald, y fue publicado por el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, como un Reporte General Técnico (GTR RM-60), en mayo de 1979.

Este manual alcanzó gran aceptación en todo el mundo como referencia primaria para el cultivo de plantas de especies forestales en contenedor. Dicho trabajo fue realizado originalmente como una publicación de uso interno, y ha sido reimpresso muchas veces; sin embargo, actualmente no se sigue reimprimiendo.

En 1982, se hicieron planes para escribir un nuevo manual fundamentado en la obra referida, pero agregando varios capítulos nuevos. El equipo de autores se integró con Thomas D. Landis, Richard W. Tinus, Stephen E. McDonald, y James P. Barnett. Considerando que el manejo de viveros que emplean contenedores ha cambiado considerablemente durante la última década, el equipo de trabajo realizó una encuesta acerca de las prácticas de esta índole en 1984. La encuesta fue distribuida a 135 viveros en los Estados Unidos y Canadá. La respuesta fue excelente: 78 encuestas fueron devueltas. Tal información ha sido empleada para determinar las prioridades y el énfasis en la escritura del trabajo, y la información derivada ha sido incluida en muchos de los capítulos de este manual.

El presente manual está constituido por una serie de volúmenes secuenciados. Cada volumen contiene capítulos acerca de temas concernientes a la producción de plantas de especies forestales en contenedor. Los volúmenes pueden ser acopiados y utilizados como un manual completo de viveros, o pueden ser usados en forma separada por especialistas y usuarios que requieren información sobre un tema en particular. Debido a que varios temas son discutidos en más de un volumen, existe alguna redundancia en el manual. No obstante, tal repetición está justificada, ya que muchos lectores usarán el manual como referencia técnica y no leerán la obra en su totalidad.

Este manual está estructurado con base en un breve sumario, con los títulos organizados y numerados, lo que facilita al lector la rápida localización de un tema sin necesidad de acudir al

índice. El sumario general de volúmenes y títulos de capítulos está organizado de la siguiente forma:

Volumen Uno Planeación, Establecimiento y Manejo

- Capítulo 1 Planeación Inicial y Estudio de Factibilidad
- Capítulo 2 Selección del Sitio
- Capítulo 3 Diseño del Vivero e Instalaciones para el Cultivo
- Capítulo 4 Equipo no Estructural y Controles
- Capítulo 5 Equipo Auxiliar y Construcciones
- Capítulo 6 Áreas de Sombra, Áreas de Crecimiento y Túneles
- Capítulo 7 Manejo del Vivero
- Capítulo 8 Identificación y Control de Problemas en la Producción en Contenedores

Volumen Dos Contenedores y Medios de Crecimiento

- Capítulo 1 Contenedores: Tipos y Funciones
- Capítulo 2 Medios de Crecimiento

Volumen Tres Condiciones Ambientales del Vivero

- Capítulo 1 Temperatura
- Capítulo 2 Humedad
- Capítulo 3 Luz
- Capítulo 4 Bióxido de Carbono (CO₂)

Volumen Cuatro Fertilización y Riego

- Capítulo 1 Nutrientes Minerales y Fertilización
- Capítulo 2 Riego y Manejo del Agua

Volumen Cinco El Componente Biológico: Plagas, Enfermedades y Micorrizas en el Vivero

- Capítulo 1 Manejo de Plagas y Enfermedades
- Capítulo 2 Micorrizas

Volumen Seis Propagación de Plantas

- Capítulo 1 Tipos de Existencias y Programa de Cultivo
- Capítulo 2 Factores de la Semilla y Tratamientos Pregerminativos
- Capítulo 3 Siembra Directa y Otros Métodos de Propagación
- Capítulo 4 Fase de Establecimiento
- Capítulo 5 Fase de Crecimiento
- Capítulo 6 Fase de Endurecimiento

Volumen Siete Preparación de la Planta, Almacenamiento y Plantación

- Capítulo 1 Preparación y Almacenamiento
- Capítulo 2 Carga y Transporte
- Capítulo 3 Plantación

Este manual está basado en los mejores conocimientos actuales acerca del manejo de viveros forestales que utilizan contenedores, y puede ser empleado como referencia general. Las recomendaciones fueron dadas utilizando la mejor información disponible al momento, y estarán por lo tanto sujetas a revisión, en la medida que exista un mayor conocimiento. Mucha de la información de este manual fue desarrollada para especies de coníferas del oeste y sur de los Estados Unidos. Aunque los autores intentaron incluir información para especies de otras regiones geográficas, dada la amplia variación en las respuestas de cada especie, los viveristas han de adaptar principios y procedimientos a la situación de su propio vivero. No existe sustituto para la experiencia individual, de modo que las prácticas culturales recomendadas deben ser probadas antes de ser aplicadas a escala operativa.

En el manual se refieren nombres de productos comerciales, pero sólo como ejemplos, y no se pretende la recomendación de productos específicos, o la exclusión de otros igualmente adecuados. La mención de plaguicidas específicos se provee solamente como información general y no debe ser interpretada como una recomendación. A causa de los frecuentes cambios en el registro y etiquetado de plaguicidas, el lector debe verificar con las autoridades locales si el uso deliberado del producto es tanto seguro como legal. Recuerde que los plaguicidas pueden ser peligrosos para los seres humanos, animales domésticos, plantas deseables, peces y otros animales silvestres, si tales sustancias no son manejadas o aplicadas apropiadamente. Use todos los plaguicidas selectiva y cuidadosamente, siguiendo las instrucciones de la etiqueta. Siga las prácticas recomendadas tanto para la disposición de excedentes como en relación a contenedores para los plaguicidas.

El presente manual fue organizado en volúmenes separados para facilitar revisiones y actualización. Si el lector detecta algún error en el texto, o tiene alguna sugerencia para mejorarlo, los autores solicitan atentamente que remita todas sus observaciones a Thomas D. Landis, USDA Forest Service, State and Private Forestry, PO Box 3623, Portland, OR 97208, U.S.A.

Muchas personas apoyaron la escritura de este manual. Los autores agradecen a ellos sus sugerencias y motivación. La revisión técnica de tan voluminosa publicación involucra un trabajo considerable, de modo que los autores están agradecidos en extremo por los invaluable servicios proporcionados por los siguientes

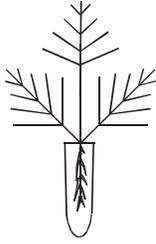
profesionales especialistas en viveros para el volumen dos:

Capítulo 1 Contenedores: Tipos y Funciones

- Sr. Kent L. Eggleston, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Vivero "Coeur d' Alene", Idaho, E.U.A.
- Srita. Laurie Lippit, Departamento Forestal de California, Centro de Reforestación "L. A. Moran", Davis, California, E.U.A.
- Dr. Gerard A. Walters, Servicio Forestal de los Estados Unidos. Estación Experimental del Suroeste del Pacífico. Redding, CA, E.U.A.

Capítulo 2 Medios de Crecimiento

- Sr. David Simpson, Ministerio de Bosques y Tierras de Columbia Británica, Estación de Investigación "Kalamalka", Vernon, Columbia Británica, Canadá.
- Dr. Steven Grossnickle, Corporación de Investigación de Columbia Británica, Vancouver, Columbia Británica, Canadá.
- Sr. E. Van Eerden, Tecnología de Regeneración en el Pacífico, Victoria, Columbia Británica, Canadá.



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Dos **Contenedores y Medios de Crecimiento**

Capítulo 1 **Contenedores:** **Tipos y Funciones**

Thomas D. Landis, Especialista en Viveros, Región Oeste,
Departamento de Agricultura de los Estados Unidos,
Dasonomía Estatal y Privada, Portland, Oregon, E.U.A.



Landis, T. D. 1990. Containers: Types and Functions. In
Landis, T. D.; Tinus, R. W.; McDonald, S. E.; Barnett, J. P.
The Container Tree Nursery Manual, Volume 2. Agric.
Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of
Agriculture, Forest Service: 1-40.

Contenido

	Página
2.1.1 Introducción	3
2.1.1.1 Historia del uso de contenedores en los viveros forestales	3
2.1.1.2 Terminología	3
2.1.2 Características de los Contenedores para Viveros Forestales	5
2.1.2.1 Características que afectan el crecimiento de la planta	5
Tamaño del contenedor	5
Espaciamiento entre contenedores	9
Diseño de características para controlar el crecimiento de la raíz	11
Propiedades del contenedor que afectan el contenido de humedad del sustrato	14
Propiedades de los contenedores que afectan la temperatura del sustrato	15
2.1.2.2 Características que afectan las operaciones en vivero y las operaciones de plantación	16
Necesidad de conjugar los contenedores con las actividades en vivero y plantación	16
Costo y disponibilidad	17
Durabilidad y reutilización	17
Capacidad para supervisar la condición del sustrato y el crecimiento radical	17
Capacidad para intercambiar y consolidar contenedores (individualidad)	18
Manejo, embarque y almacenamiento	18
2.1.3 Tipos de Contenedores	20
2.1.3.1 Contenedores que son plantados con la planta	20
2.1.3.2 Contenedores que son removidos antes de la plantación	25
Celdas individuales en bandejas	25
Contenedores tipo libro y tipo funda	27
Contenedores en bloque	28
Contenedores miniatura	29
2.1.4 Poda Química de Raíz	31
2.1.5 Conclusiones y Recomendaciones	35
2.1.6 Literatura Citada	36



2.1.1.1 Historia del uso de contenedores en los viveros forestales

Si bien las plantas ornamentales han sido cultivadas en contenedores desde los albores de la civilización humana (Matkin *et al.*, 1957), la producción de plantas de especies forestales en contenedor es una innovación relativamente reciente. Uno de los primeros usos de contenedores a gran escala para la producción de especies forestales, se dio durante el Proyecto Forestal de las Grandes Llanuras, en la década de los años treinta. En ese entonces fue desarrollado un sistema de macetas de papel alquitranado, a efecto de producir contenedores consistentes para las plantas, dadas las severas condiciones ambientales que se encuentran en plantaciones que forman cortinas de protección (Strachan, 1974).

La primera producción a gran escala de plantas para reforestación en los modernos contenedores de plástico se dio en Canadá con la "Bala Walter" (Walters Bullet), en Columbia Británica (Walters, 1974) y con el "Tubo Ontario" (Ontario Tube) en Ontario (Reese, 1974) (fig. 2.1.1). Con base en tales prototipos, otros contenedores fueron desarrollados y probados en Canadá y los Estados Unidos durante la década de los años sesenta y a inicios de la década de los años setenta, incluyendo algunos que todavía son populares: Bloques de poliestireno expandido (Styrofoam® blocks) (Sjoberg, 1974), Guiadores de raíz (Spencer-Lemaire (S/L) Rootainers®) (Spencer, 1974), y el Sistema de Celda Simple con Rayos Lixiviadores (Ray Leach Single Cell® System) (Allison, 1974). En adición a estos productos norteamericanos, el sistema "japonés de macetas de papel" (Japanese paperpot) fue adoptado en los países Escandinavos (Rasanen, 1982) e importado subsecuentemente a los Estados Unidos y Canadá.

Muchos tipos de contenedores han sido probados en los viveros forestales norteamericanos durante los últimos 25 años (fig. 2.1.2), pero el contenedor perfecto todavía no ha sido desarrollado. En realidad, un tipo determinado de contenedor no puede satisfacer las necesidades de cada viverista, a causa de las diferencias en las prácticas culturales en cada vivero, o debido a las condiciones del sitio de plantación. El mejor contenedor para determinado propósito, dependerá de los objetivos específicos del vivero y del sistema de plantación.

2.1.1.2 Terminología

Ciertos términos que se utilizan para describir contenedores en los viveros forestales, han de ser definidos aquí. En los viveros que producen plantas ornamentales en contenedores, el contenedor individual es relativamente grande, y es denominado **maceta** o **lata** (contenedor metálico). En comparación, para las actividades de reforestación, la planta es cultivada en contenedores de volumen relativamente pequeño. En este caso los contenedores individuales son frecuentemente denominados **celdas** o **cavidades**, y usualmente son producidos en agregados denominados **bloques**, **bandejas** o **portacontenedores** (fig. 2.1.3). No obstante, en la jerga de los viveros, el término **contenedor** puede referirse a una sola celda o al bloque entero.

A las plantas que se desarrollan en contenedores se les denomina como cultivadas en contenedor, pero en la presente publicación serán conocidas como plantas en contenedor. El término es simple, definitivo, y es consistente con la terminología norteamericana común en viveros comerciales ornamentales.

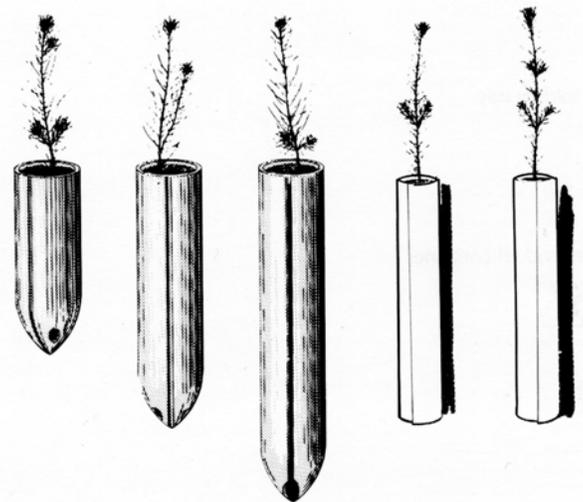


Figura 2.1.1 La bala Walter (izquierda) y el tubo Ontario (derecha) fueron dos de los primeros diseños de contenedores utilizados para el cultivo de plantas de especies forestales en viveros canadienses (Tomada de Carlson, 1983).



Figura 2.1.2 Diversos diseños de contenedores han sido probados en los viveros forestales durante los últimos 25 años. Actualmente está disponible una amplia variedad de diseños y tamaños (cortesía de Eric Stuewe).

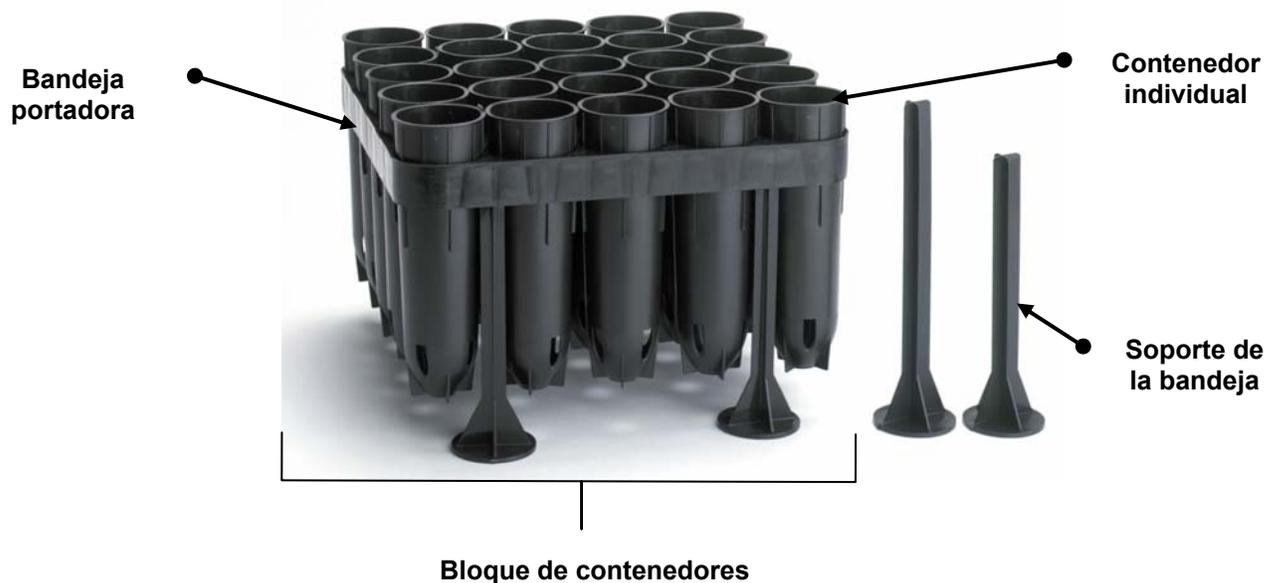


Figura 2.1.3 Los contenedores individuales o celdas, se reúnen en una bandeja o portaccontenedor para formar una unidad básica de manejo denominada bloque. Este contenedor es del tipo Deepot ®.



2.1.2 Características de los Contenedores para Viveros Forestales

Las propiedades del contenedor ideal para la producción de plantas forestales han sido cuestión de debate durante muchos años. Aunque los contenedores pueden ser comparados en muchas formas distintas, la más apropiada es en relación a su funcionalidad. La función primaria de cualquier contenedor es la de contener una pequeña cantidad de sustrato, que a su vez abastece a las raíces con agua, aire, nutrientes minerales, y además provee soporte físico mientras la planta está aún en el vivero.

Sin embargo, los contenedores para especies forestales deben cumplir con otras funciones que reflejan los requerimientos especiales para plantaciones forestales de conservación o comerciales. Algunas de tales características dan forma al crecimiento de la planta en el vivero, como es el caso del diseño de propiedades para evitar un crecimiento radical en espiral. Otras características operativas de los contenedores están relacionadas con consideraciones económicas y de manejo, tanto en el vivero como en el lugar de plantación. Éstas están referidas y son discutidas a detalle en las siguientes secciones.

2.1.2.1 Características que afectan el crecimiento de la planta

Las especies forestales difieren de muchos cultivos ornamentales producidos en contenedor porque aquéllas implican esencialmente un cultivo de raíces. Muchas especies ornamentales que son producidas en contenedor, son cultivadas por sus flores o follaje, pero la calidad de una planta forestal está determinada por su aptitud una vez que está plantada, en función de su sobrevivencia inicial y de su desarrollo subsecuente. La sobrevivencia y desarrollo posterior de las plantas de especies forestales están directamente relacionados con la capacidad del sistema radical para regenerar con rapidez nuevas raíces (esto se conoce como **potencial de crecimiento radical**, o PCR), y para crecer en el suelo que rodea al cepellón (Ritchie, 1984). Por esta razón, muchas características de los contenedores han sido diseñadas para promover el desarrollo de un buen sistema radical en el vivero, y para proteger estas raíces hasta la plantación. La salud y vigor relativos del sistema radical, también son reflejados en la morfología y crecimiento de la parte aérea de la planta, y por esta razón muchas de las características de los contenedores que enseguida se mencionan, fueron diseñadas para promover esta relación raíz/parte aérea.

Tamaño del contenedor. El "mejor" contenedor para las plantas de un cultivo particular, depende tanto de factores biológicos como de factores económicos. Las consideraciones de orden biológico incluyen el tamaño de la semilla o varetta, el tamaño deseado para la planta, así como las condiciones ambientales del sitio de plantación. Desde el punto de vista económico, las consideraciones primarias son el costo inicial, la disponibilidad del contenedor, y la cantidad de espacio disponible para el cultivo.

Si bien en la jerga común de viveros el tamaño del contenedor significa volumen, el concepto de tamaño incluye también otras dimensiones, como altura, diámetro y forma. El volumen de la cavidad es una de las más obvias e importantes características de un contenedor porque, en general, tanto más grande sea el contenedor, más grande será la planta que puede ser producida en él (Kingham, 1974). Los viveros norteamericanos que usan contenedor para la producción de plantas forestales, comúnmente varían su volumen de un mínimo de 40 cm³ (2.5 pulgadas cúbicas) y un máximo de 492 cm³ (30.0 pulgadas cúbicas) (cuadro 2.1.1).

Cuando las plantas son producidas en una serie de diferentes tipos de contenedores, el tamaño de las plantas generalmente aumenta con el volumen que el contenedor posee para el desarrollo de la raíz (fig. 2.1.4A) (Alm *et al.*, 1982). El volumen del contenedor tiene un efecto significativo en el tamaño y tasa de crecimiento de las plantas de ***Pinus contorta*** (lodgepole pine) (fig. 2.1.4B y C) (Endean y Carlson, 1975) y de ***Picea glauca*** (white spruce) (Carlson y Endean, 1976), cuando éstas son puestas a crecer en contenedores con diferentes tamaños. Tanto el peso anhidro de la raíz como el de la parte aérea, y el peso anhidro total, así como la longitud de la parte aérea, aumentan significativamente al aumentar el tamaño del contenedor, mientras que la relación parte aérea/raíz no es afectada (cuadro 2.1.2).

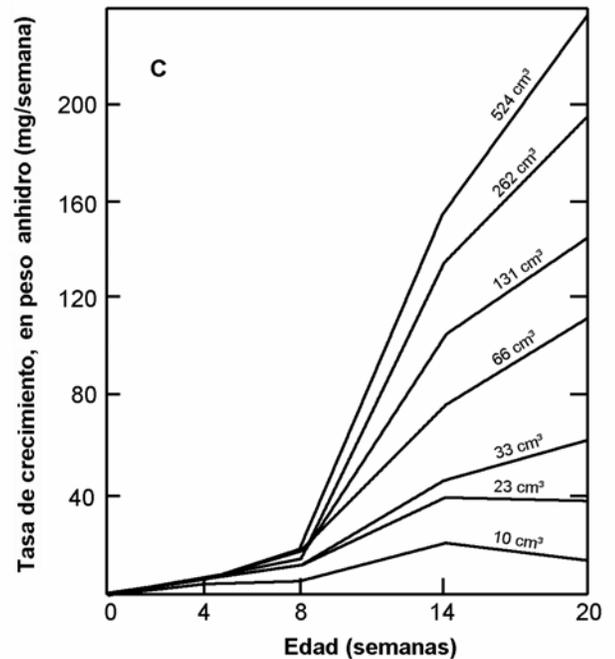
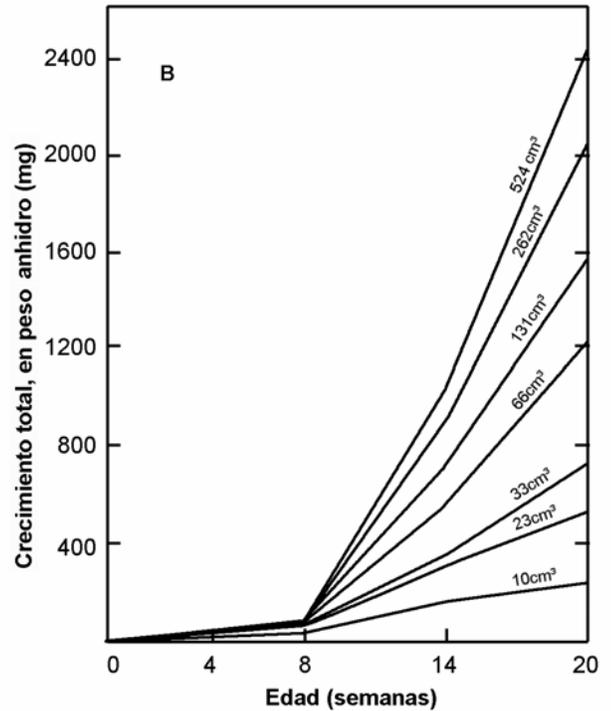
Sin embargo, las comparaciones de crecimiento de las plantas deben considerar su densidad (el espacio entre los contenedores), además del volumen, ya que aunque los contenedores tengan idéntico este último, pueden estar arreglados a diferente densidad. Esta importante relación entre capacidad del contenedor y la densidad a la que crecen las plantas, es discutida en la siguiente sección.

La mayor restricción en relación al volumen del contenedor es económica, no biológica, porque (a) los contenedores grandes proveen más espacio de crecimiento, (b) las plantas que crecen en contenedores grandes requieren de mayores periodos de tiempo para que su sistema radical ocupe el espacio del contenedor completamente, y (c) los contenedores grandes son más difíciles de cargar durante el embarque y la plantación. Los viveristas deben elegir el contenedor que produzca una planta de calidad aceptable, en la más práctica densidad de crecimiento, en el menor período de rotación, y que sea adecuada para las condiciones del sitio de plantación (el efecto del volumen del contenedor en el éxito de la plantación es muy importante, y se discute a detalle en la sección 2.1.2.2.).



A

Figura 2.1.4 El tamaño del contenedor es uno de los factores más significativos que afectan el tamaño final de las plantas forestales, como en estos *Pinus contorta* (lodgepole pine) (A). En pruebas de crecimiento con esta especie, se halló que tanto el crecimiento estacional (B), como la tasa de crecimiento (C) aumentan con el volumen del contenedor (B y C tomadas de Endean y Carlson, 1975).



Cuadro 2.1.1 Características de contenedores comúnmente utilizados en viveros forestales de los Estados Unidos y Canadá.

	Dimensiones de la celda (diámetro x altura)		Capacidad máxima		Densidad de celdas		Uso en viveros en 1984 %
	cm	pulgadas	cm ³	pulgadas ³	celdas/m ²	celdas/pie ²	
Contenedores que se plantan junto con la planta							
Contenedores de papel							
Paperpot							
408	4 x 8	1.6 x 3.2	70	4.3	1 000	93	7
Otros tamaños							2
Total							9
Contenedores que se remueven antes de la plantación							
Celdas individuales							
Ray leach single cells ®							
Fir cells	2.5x12.2	1.0x4.8	49	3.0	1 076	100	1
Pine cells	2.5x16	1.0x6.3	65	4.0	1 076	100	6
Super cells	3.8x20	1.5x8	164	10.0	527	49	8
Otros tamaños							1
Total							16
Contenedores tipo libro o tipo funda							
Spencer-Lemaire Rootainers ®							
Ferdinand	2x2x10	0.8x0.8x4	40	2.5	1 280	119	4
Fives	2.5x2.5x10.5	1x1x4	62	3.8	882	82	1
Hillsons	3.8x3.8x12.5	1.5x1.5x5	165	10.5	398	37	2
Tinus	3.8x5.1x18.5	1.5x2x7.2	350	21.5	516	48	3
Total							10
Contenedores en bloque							
Bloques de Poliestireno Expandido (Styrofoam ® blocks)							
2 (211)	2.5x11.4	1x4.5	41	2.5	1 032	96	9
2A (211A)	2.5x11.4	1x4.5	41	2.5	1 108	103	9
4 (313)	3x12.5	1.2x5	66	4.0	807	75	13
4A (313 A)	2.8x13.2	1.1x5.2	62	3.8	936	87	5
5 (315)	3x15.2	1.2x6	77	4.7	667	62	2
7(323)	3.0x22.9	1.2x9	121	7.4	764	71	2
8 (415A)	4.1x15.2	1.6x6	131	8.0	441	41	6
20 (615)	6.1x15.2	2.4x6	336	20.5	215	20	2
Colorado	5x5x20	2x2x8	492	30.0	270	25	2
Otros tamaños							1
Total							51
Multi-pot Ropak ®							
No. 1	3x9	1.2x3.5	57	3.5	850	79	2
No. 2	3x12	1.2x4.8	65	4.0	850	79	8
Otros tamaños							1
Total							11
Otros tipos de contenedores							
							3
Gran total							100

Puesto que los contenedores están evolucionando constantemente, algunas de estas estadísticas pueden haber cambiado. Esta información es presentada para dar al lector una idea de los productos que están disponibles. Contactar proveedores para obtener información actualizada (cuadro 2.1.4.). Fuente: Container Nursery Survey (1984).

El tamaño óptimo del contenedor varía de acuerdo con diversos factores, incluyendo la densidad a la que se cultivarán las plantas, la especie, el tamaño deseado para la planta, el tipo de sustrato, las condiciones ambientales, y la duración de la etapa de cultivo. No obstante, parece existir un tamaño mínimo de contenedor para actividades de reforestación. Scarratt (1972) halló que el crecimiento de las plantas de *Picea glauca* (white spruce) varió significativamente en contenedores con tres diferentes diámetros (12, 19 y 31 mm), pero solamente las plantas de los contenedores más grandes (31 mm) alcanzaron un crecimiento aceptable durante el período normal de producción. Barnett y Brissette (1986) hallaron que especies intolerantes a elevadas densidades como el *Pinus palustris* (longleaf pine), crecen más en contenedores de gran volumen y a bajas densidades. Otras especies tolerantes de pino, como el *Pinus taeda* (loblolly pine), pueden ser producidas en contenedores de poco volumen con una alta densidad. Las especies de latifoliadas generalmente requieren grandes volúmenes en los contenedores, con la consecuente menor densidad de crecimiento, en comparación con las especies de coníferas, porque las hojas más largas de las especies latifoliadas interceptan más agua y nutrientes y producen más sombra.

Otros aspectos también son importantes. Una de las dimensiones más importante de los contenedores, desde los puntos de vista biológico y de cultivo, es la altura, debido al efecto que ejerce sobre las propiedades de almacenamiento de agua del sustrato (ver sección correspondiente a propiedades de los contenedores que afectan el contenido de humedad del sustrato). Carlson y Endean (1976) hallaron que la relación

altura/diámetro tiene un efecto significativo en el crecimiento de plántulas de *Picea glauca* (white spruce): un contenedor con una relación altura/diámetro 1:1 produjo plantas más pesadas que aquellas producidas en contenedores con relaciones 3:1 ó 6:1. Sin embargo, aparentemente este efecto es específico para la especie, puesto que el *Pinus contorta* (lodgepole pine) no mostró diferencias en su crecimiento al ser cultivado en los mismos tres tamaños de contenedores (Endean y Carlson, 1975). Boudoux (1970) estudió el crecimiento del sistema radical en relación a las dimensiones del contenedor, y concluyó que para incrementar la densidad de raíces, el diámetro del contenedor es más importante que la altura.

Los contenedores para la producción de especies forestales, son producidos en una variedad de formas: redondos, rectangulares, hexagonales, o cuadrados, por cuanto toca a su sección transversal, y muchos están ahusados desde su parte superior hacia la inferior. Sin embargo, aunque útil para la extracción de la planta, el ahusamiento puede ser detrimental desde un punto de vista biológico, ya que normalmente la mayor parte de las raíces son producidas en el fondo del contenedor (Tinus, 1974). La forma real de la tapa en el fondo, probablemente no es significativa desde un punto de vista operativo, a menos que la planta vaya a ser plantada con una herramienta para plantación, con tamaño y forma específicos para el efecto. Las plantas en contenedor que van a ser transplantadas a camas de vivero a raíz desnuda o plantadas con una máquina transplantadora, deben contar con un cepellón que pueda ser manejado eficientemente por el equipo de plantación.

Cuadro 2.1.2 Efecto del volumen del contenedor en la morfología de plantas de *Pinus contorta* (lodgepole pine) con 20 semanas de edad.

Volumen del contenedor (cm ³)	Biomasa de la planta. Relación en P A (mg)			Relación tallo/raíz	Largo del tallo (mm)
	Raíz	Parte aérea	Total		
10	96 g	150 f	246 g	1.6 a	34 g
23	222 f	319 e	541 f	1.4 ab	41 f
33	335 e	389 e	724 e	1.2 b	48 e
66	498 d	722 d	1 220 d	1.5 a	60 d
131	638 c	936 c	1 573 c	1.5 a	68 c
262	790 b	1 265 b	2 055 b	1.6 a	83 b
524	897 a	1 544 a	2 440 a	1.8 a	89 a

Los valores sin letras en común en las columnas, difieren significativamente a un nivel de P = 0.05, utilizando la prueba de rangos múltiples de Duncan. P A = peso anhidro obtenido en horno. Fuente: Endean y Carlson (1975).

Espaciamento entre contenedores. La distancia entre las celdas individuales en el bloque genera la densidad de crecimiento de las plantas, esta es una de las características más importantes del contenedor que afectan el crecimiento de las plantas. No obstante, el arreglo espacial de las celdas dentro del bloque también tiene implicaciones económicas. Las plantas forestales requieren de una cierta cantidad mínima de espacio de crecimiento, el cual varía con la especie y la edad. Por otra parte, los viveristas necesitan producir el número máximo de plantas por unidad de área de espacio de crecimiento.

En general, la calidad de la planta producida en contenedor aumenta con la reducción de la densidad de crecimiento. Tanaka y Timmis (1974) estudiaron el efecto de la densidad de crecimiento en las características de la planta, y concluyen que las plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir) producidas a bajas densidades presentaron propiedades físicas y fisiológicas que denotan aumento en la aptitud de la planta para ser plantada, incluyendo un elevado peso anhidro y reducidas relaciones altura/diámetro y tallo/raíz.

Cuando se comparan plantas forestales producidas en diferentes tipos de contenedores, la densidad de crecimiento de aquéllas debe ser considerada tan importante como el volumen de la celda. Las comparaciones directas son con frecuencia difíciles de interpretar, puesto que definitivamente existe una interacción entre estos dos factores (Barnett y Brissette, 1986). Han sido publicadas muchas comparaciones entre contenedores con el mismo volumen, pero no consideran el efecto de la densidad de las plantas, y por tanto sus conclusiones carecen de la interpretación de la influencia de tal factor. Timmis y Tanaka (1976) reportaron los resultados de uno de los pocos estudios de comparación adecuadamente

diseñados que consideran la interacción entre el volumen de la celda y la densidad de las celdas. Utilizaron plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir) a diferentes densidades, en contenedores con el mismo volumen, y hallaron que la morfología de la planta y su peso variaron según el espaciamento entre plantas (cuadro 2.1.3). La altura aumentó en relación directa con la densidad, probablemente como resultado de la gran competencia por luz entre las plantas. No obstante, el diámetro del tallo, el peso de la parte aérea y el peso de la raíz, decrecen al reducir el espaciamento (lo que también es reflejado por la alta relación tallo/raíz a altas densidades).

Las plantas producidas con menores espaciamentos crecen más altas y con menores diámetros de tallo y menores biomásas (pesos anhidros) que aquellas que crecen con mayores espaciamentos. Scarratt (1972) puso a crecer plantas de *Picea glauca* (white spruce) en tres volúmenes distintos de contenedores, a tres densidades de crecimiento diferentes, y encontró que la altura, diámetro y peso anhidro del tallo, aumentaban tanto con el volumen del contenedor como con el espaciamento (fig. 2.1.5). Sin embargo, para esta especie, el volumen del contenedor fue más importante que la densidad de crecimiento de las plantas, y el autor concluye que el uso de contenedores grandes fue más efectivo biológicamente, además de resultar costo-eficiente, en comparación con el uso de contenedores más pequeños con buen espaciamento. En pruebas con contenedores de turba compactada (extruded peat containers), Hocking y Mitchell (1975) hallaron que todas las características de crecimiento en plantas de *Pinus contorta* (lodgepole pine), *Picea glauca* (white spruce) y *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir), incrementaron cuando los contenedores eran grandes o el espacio entre las celdas era amplio.

Cuadro 2.1.3 El espaciamento entre contenedores genera diferentes densidades de crecimiento y afecta la morfología y peso de plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir) con 5 meses de edad.

Espaciamento entre plantas (cm)	Densidad de crecimiento (planta/m ²)	Altura del Tallo (cm)	Diámetro del Tallo (mm)	Peso anhidro de parte aérea (g)	Peso anhidro de raíz (g)	Relación tallo/raíz
6.0	270	11.0 a	1.93 a	0.67 a	0.45 a	1.5 a
4.3	540	11.9 b	1.80 b	0.62 b	0.33 b	2.0 a
3.5	810	11.6 ab	1.71 c	0.50 b	0.30 b	1.8 a
3.0	1 080	16.3 c	1.68 c	0.57 b	0.26 b	2.3 b

Los valores de cada columna sin letras en común, difieren significativamente con P = 0.05, acorde con la prueba de rangos múltiples de Duncan. PA = peso anhidro obtenido en horno. Fuente: Adaptado de Timmis y Tanaka (1976).

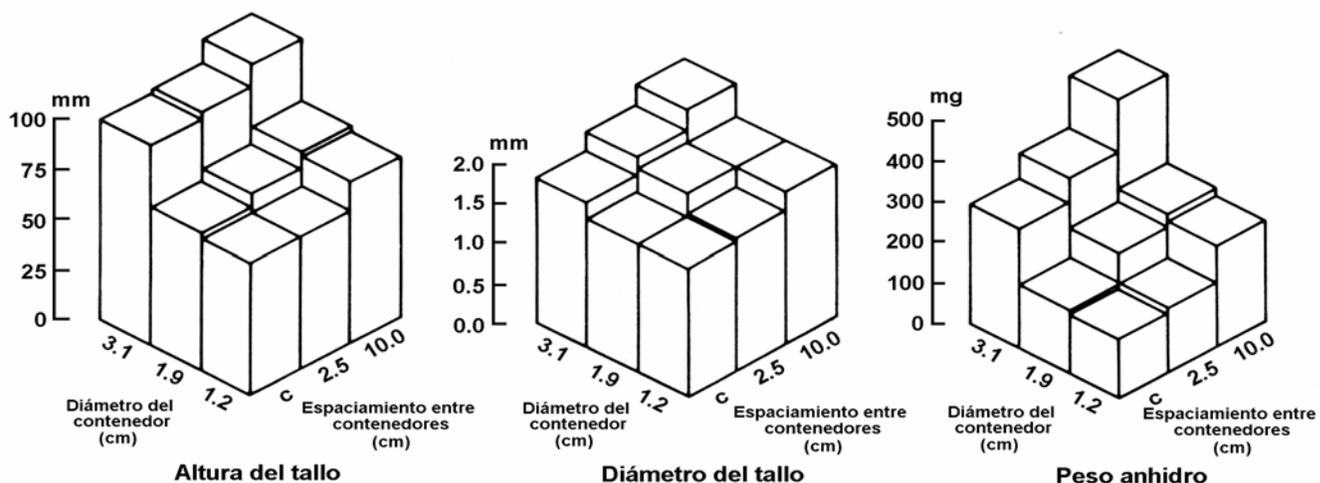


Figura 2.1.5 El tamaño (diámetro) del contenedor así como el espacio entre contenedores, dictan la densidad de crecimiento en el vivero, que a su vez afecta la altura del tallo, el diámetro y el peso anhidro de la planta (Scarratt, 1972).

El espaciamiento entre contenedores también tiene otras implicaciones biológicas y culturales en el crecimiento de la planta. Timmis y Tanaka (1976) reportaron que las plantas creciendo a bajas densidades recibieron diez veces más radiación fotosintéticamente activa en la parte baja de sus copas, y tenían un potencial hídrico más bajo que el de las plantas creciendo a elevadas densidades. La temperatura del sustrato también fue mayor en los contenedores de mayor densidad. Es más difícil que el agua de riego y los fertilizantes líquidos penetren en manchones densos de follaje de las plantas. Enfermedades foliares, como es el "moho gris" *Botrytis cinerea* Pers.: Fr., resultan más problemáticas en plantas que crecen a altas densidades porque el hongo es capaz de invadir el débil y senescente follaje de la parte baja de la copa de la planta. Esta enfermedad también es favorecida por la elevada humedad relativa y escasez de luz, típicas de agrupaciones densas de plantas. Un bloque de poliestireno expandido (Styrofoam block), modificado con orificios entre las celdas, redujo la incidencia de este problema en plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir), debido a la mejor circulación de aire (Peterson y Sutherland, 1989). La densidad de cultivo aparentemente también afecta la lignificación de las plantas, porque aquellas que crecen a mayores densidades sufren más daño por heladas en el cambium, que las que crecen a menores densidades (Timmis y Tanaka, 1976).

El efecto de la densidad en el crecimiento de la planta es aun más complicado por la duración de la etapa de cultivo. Barnett y Brissette (1986) reportan que en pinos del sur de los Estados Unidos, que crecen solamente durante 10 semanas, el efecto de la densidad no fue un factor

crítico. Sin embargo, cuando la etapa de cultivo fue ampliada a 12 o a 14 semanas, el peso anhidro de las plantas se redujo al aumentar la densidad (fig. 2.1.6A); mientras que los efectos de la densidad de cultivo y de la edad en la altura de las plantas fueron menos pronunciados (fig. 2.1.6B). Esta diferencia en tamaño además llevó a otro efecto: las plantas que crecieron a bajas densidades tuvieron mayores tasas de sobrevivencia y un mayor crecimiento en altura a los 2.5 años de ser plantadas, en comparación con las que fueron producidas a elevadas densidades. Con base en estos resultados, los autores recomiendan que los pinos del sur de los Estados Unidos, no deben ser producidos en contenedores con densidades mayores a 1,075 plantas por metro cuadrado (100 por pie cuadrado).

Las diferentes especies responden de distinta forma a los efectos de la densidad y, al menos teóricamente, las especies de latifoliadas y de coníferas intolerantes a la sombra, deben ser producidas a menores densidades de crecimiento que las especies más tolerantes a la sombra. Aunque se han publicado muchos estudios referentes a la relación entre especies y tipo de contenedor, pocos han intentado separar los efectos del volumen del contenedor de la densidad de crecimiento (ver sección previa). Como ejemplo, Stauder y Lowe (1984) refieren que la densidad de los contenedores no afecta el crecimiento o la sobrevivencia en campo de plántulas de *Taxodium distichum var. distichum* (baldcypress), aunque los contenedores empleados en su estudio fueron del tipo Deepots®, relativamente grandes, que producen una muy baja densidad de crecimiento de 215 celdas por metro cuadrado (20 por pie cuadrado).

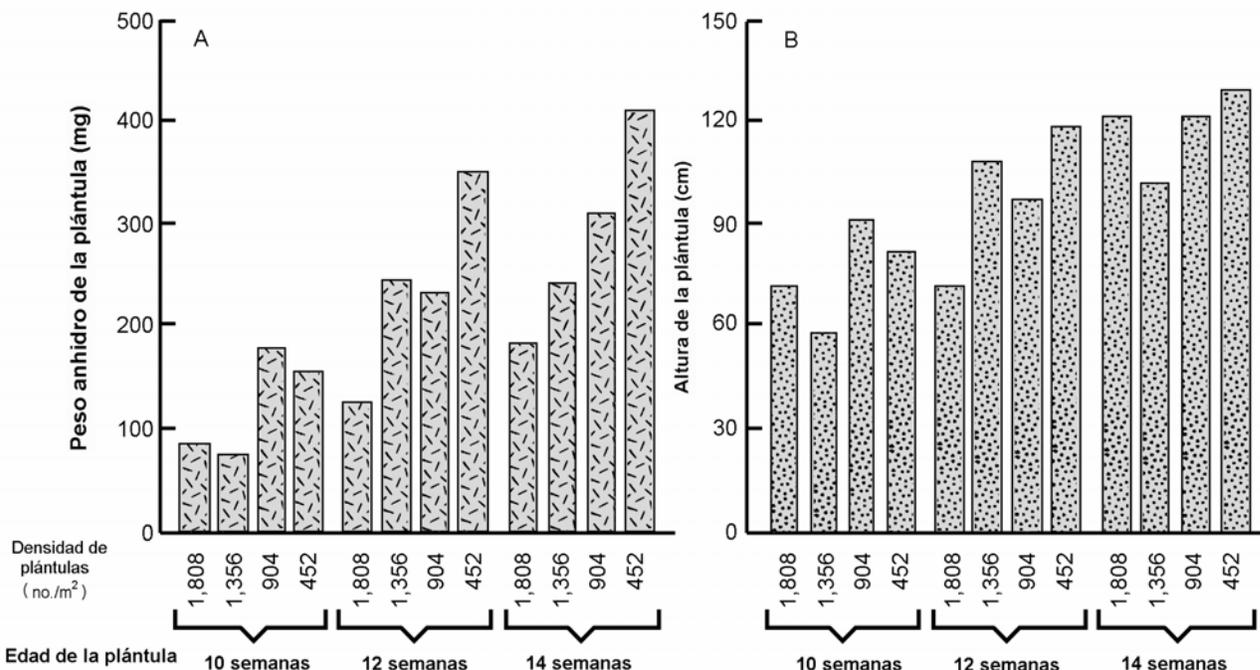


Figura 2.1.6 Aunque el peso anhidro y la altura de plantas de *Pinus taeda* (loblolly pine) en contenedores son afectados por la densidad de crecimiento, la altura es menos afectada conforme las plantas alcanzan mayor edad (adaptada de Barnett y Brissette, 1986).

Diseño de características para controlar el crecimiento de la raíz.

Uno de los problemas más serios en el cultivo de plantas forestales en contenedores, es la tendencia de las raíces a crecer en espiral sobre la superficie interna del contenedor. Las raíces de las plantas crecen geotrópicamente, pero si ellas no encuentran obstáculo físico alguno, tienden a crecer lateralmente sobre la superficie interna del contenedor.

El crecimiento en espiral de la raíz no afecta adversamente el crecimiento mientras la planta permanece en el vivero, pero después de la plantación puede reducir seriamente su calidad. El crecimiento en espiral dificulta el adecuado establecimiento de la raíz en el suelo, lo cual puede derivarse en pérdida de la verticalidad o incluso estrangulamiento (Burdett, 1979).

Aunque puede ocurrir en casi todo tipo de contenedor, la raíz en espiral es más severa en contenedores con sección transversal redonda, lisos y de plástico. Girouard (1982) puso a crecer 4 especies de coníferas en 3 distintos tipos de contenedores y encontró que el único en el cual ocurrió espiralamiento de raíz fue en el tubo Quebec (Quebec tube), con sección transversal redonda. Los contenedores de papel presentan dos problemas de raíz a controlar: espiralamiento

de raíz en aquellos recubiertos con polietileno, y crecimiento de la raíz entre las cavidades, en contenedores de papel no tratados (Dong y Burdett, 1986).

El problema de espiralamiento de la raíz ha sido parcialmente resuelto con el diseño de contenedores con crestas, costillas o ranuras orientadas verticalmente (fig. 2.1.7A), que sobresalen en el sustrato y representan un obstáculo para el crecimiento radical en espiral; Kinghorn (1974) recomienda costillas con aproximadamente 2 mm (0.08 pulgada) de altura sobre la cara interna del contenedor. Estas costillas interceptan a las raíces que están creciendo en espiral y las obligan a desarrollarse hacia abajo, hacia la perforación de drenaje (fig. 2.1.7B), donde detienen su crecimiento a causa de la baja humedad y donde al contacto con el aire se podan. Muchos tipos de contenedores que son empleados en los viveros forestales tienen algún tipo de diseño con costilla antiespiralamiento, incluso una compañía manufacturera ha incorporado tal característica a su nombre comercial, el "Encauzador de raíz Spencer-Lemaire" (Spencer-Lemaire Roottrainer®) (fig. 2.1.7A).



A



B

Figura 2.1.7 Los canales verticales en la superficie interna de estos contenedores guías de raíz tipo Spencer-Lemaire Roottrainers® (A) previenen el espiralamiento de la raíz orientando su crecimiento hacia abajo (B).

El espiralamiento radical ocurre en muchas especies forestales, pero ha representado un mayor problema en los pinos. Girouard (1982) halló que las cuatro especies de coníferas que cultivó en tubos Quebec presentaron algún grado de espiralamiento radical, pero éste fue peor en las especies de pino (fig. 2.1.8). No obstante, aún dentro de este género existe variación; Barnett y Brissette (1986) reportan que *Pinus palustris* (longleaf pine) es más propenso a este problema que *Pinus taeda* (loblolly pine) y que *Pinus elliotii* (slash pine). El espiralamiento radical y otros tipos de crecimiento anormal en la raíz son más serios tanto más tiempo sean mantenidas las plantas en los contenedores (Barnett y Brissette, 1986); esta tendencia fue particularmente significativa para *Pinus banksiana* (jack pine) (fig. 2.1.8). (Los tratamientos químicos para controlar el espiralamiento de la raíz, son discutidos en la sección 2.1.4.).

Una vez que las raíces de las plantas alcanzan el fondo del contenedor, deben ser forzadas a la poda por contacto con el aire, o de lo contrario éstas continuarán creciendo a lo largo de la mesa de soporte (fig. 2.1.9A). Tal crecimiento radical exterior dificulta la extracción al final de la etapa de cultivo, y además se daña el sistema radical durante la maniobra. La poda aérea de raíces en la perforación de drenaje, es promovida por una corriente de aire bajo el contenedor (fig. 2.1.9B). Armson y Sadreika (1979) refieren que un espacio

con aire de 1.25 cm (0.5 pulgada) bajo los contenedores resulta muy eficiente.

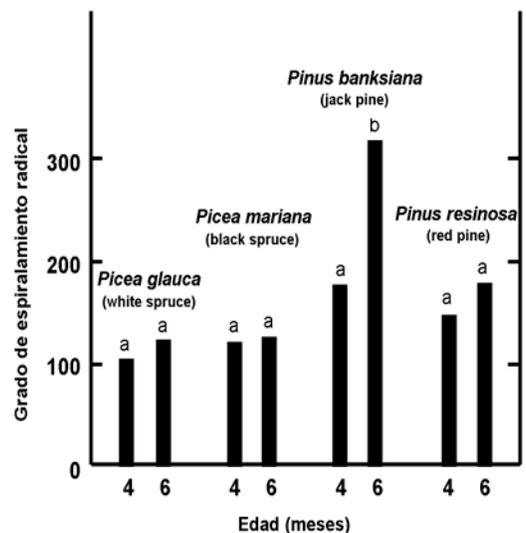


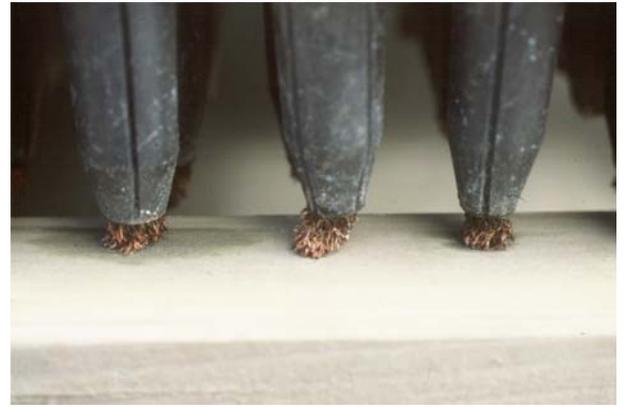
Figura 2.1.8 Algún grado de espiralamiento de la raíz ocurre en cuatro especies de coníferas, en el contenedor de sección transversal redonda tubo Quebec, con paredes lisas, pero fue mayor en los pinos. El espiralamiento no aumenta significativamente con el tiempo, excepto para las plantas de *Pinus banksiana* (jack pine). Las barras con la misma letra no tienen diferencias estadísticamente significativas con un nivel $P = 0.01$ (Girouard, 1982).

Algunos contenedores son diseñados con costillas externas en la base a efecto de crear este espacio con aire (fig. 2.1.9C). Para el caso de contenedores que carecen de esta estructura de soporte para promover la poda, algunos viveristas utilizan mesas con malla (fig. 2.1.9D), o diseñan sus propias mesas de tal forma que se crea la necesaria corriente de aire. Otros viveristas dejan que las raíces crezcan fuera del fondo del contenedor y las podan mecánicamente antes de que las plantas sean extraídas. Las implicaciones biológicas de esta práctica no han sido examinadas científicamente, pero los autores recomiendan la poda natural al contacto de las raíces con el aire, siempre que sea posible.



A

Figura 2.1.9 Si las raíces de las plantas no son forzadas a la “poda aérea”, éstas continúan su crecimiento fuera del contenedor (A). La poda aérea es promovida por un flujo de aire bajo el contenedor (B). Algunos tipos de contenedores están diseñados estructuralmente para que exista la corriente de aire (C), mientras que otros deben ser puestos sobre mesas hechas con malla de alambre u otro material, de forma tal que se facilite la poda (D).



B



C



D

Otra característica de los contenedores que afecta el crecimiento radical, es el alisamiento en la superficie interna de las paredes de las celdas del contenedor. Las raíces de algunas plantas son muy finas y tienden a crecer dentro de cualquier grieta o arruga de estas paredes. *Thuja plicata* (western redcedar) y *Chamaecyparis nootkatensis* (Alaska-cedar) son notables en este sentido; en Columbia Británica, estas especies son cultivadas en contenedores tipo S/L Rootainers® con paredes lisas, en lugar de los bloques de poliestireno expandido (Styrofoam blocks) estándares, que poseen paredes rugosas (Matthews, 1983). Tal crecimiento de la raíz dificulta la remoción de la planta del contenedor y dificulta además su plantación (fig. 2.1.10A). Las raíces desgarradas que permanecen en el contenedor (fig. 2.1.10B) proveen un excelente sustrato para hongos pudridores de la raíz, pudiendo ser un factor remanente significativo para la presencia de enfermedades de la raíz entre cultivos sucesivos.



A



B

Figura 2.1.10 Ciertas especies forestales, como *Thuja plicata* (western redcedar), tienen raíces muy abundantes y agresivas que penetran los poros de la pared interna del contenedor, dificultando mucho la extracción de las plantas del contenedor al momento de la plantación (A). Las raíces desgarradas dejadas en el contenedor (B) también sirven como inóculo de enfermedades de la raíz para el siguiente cultivo.

Propiedades del contenedor que afectan el contenido de humedad del sustrato. Ciertas características de los contenedores, como son su altura, la permeabilidad de sus paredes, y la presencia de una perforación de drenaje, afectan las relaciones de humedad del sustrato. Bassman *et al.* (1989) cultivaron plantas de *Larix occidentalis* (western larch) en 3 tipos distintos de contenedores, y encontraron una interacción significativa entre el tipo de contenedor y los regímenes hídricos.

El efecto de la altura del contenedor se discute a detalle en el capítulo 2 del volumen 4 de esta serie, pero básicamente tanto más largo el contenedor, deberá contener una mayor proporción de sustrato bien drenado. Todos los contenedores crean una franja húmeda de sustrato. Debido a que las moléculas de agua son atraídas al sustrato en el contenedor, el agua no puede drenar libremente al fondo del mismo, creándose así una capa permanentemente saturada de sustrato. La profundidad de esta capa saturada está en función de la altura del contenedor y de las propiedades físicas del sustrato.

La humedad dentro del medio de crecimiento también es afectada por las propiedades de la pared del contenedor. Los contenedores compuestos por materiales permeables, como el papel o malla de plástico, permiten al agua y sales minerales moverse lateralmente, a través de la pared del contenedor, y dentro del sustrato de contenedores adyacentes. Las relaciones de humedad en un bloque de contenedores de papel

adyacentes, como una bandeja de paperpots (fig. 2.1.11), son similares a las de una bandeja con sustrato sin contenedores, ya que el agua y las sales minerales pueden moverse libremente de un contenedor a otro. Por tanto, los contenedores con paredes permeables pueden requerir un sustrato con una textura más gruesa, para incrementar la porosidad y así prevenir la saturación de agua.

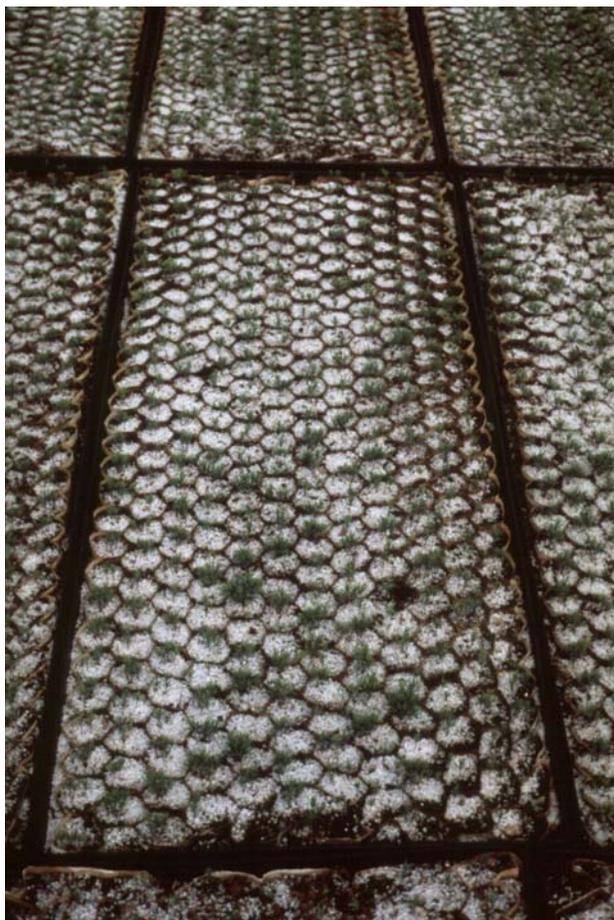


Figura 2.1.11 Los contenedores construidos con materiales permeables como el papel, permiten al agua y sales minerales moverse lateralmente entre las celdas individuales, lo cual afecta las relaciones de humedad y de nutrientes del sustrato.

Todos los contenedores deben tener una o más perforaciones de drenaje al fondo, para que el excedente de agua de riego sea drenado, y para facilitar que las sales fertilizantes excesivas sean lixiviadas (fig. 2.1.9C). Estas perforaciones deben ser tan grandes como sea posible, pero sin que se propicie la salida del sustrato durante la operación de llenado. Debido a que una masa de puntas de raíces se desarrolla eventualmente alrededor de las perforaciones de drenaje, éstas pueden taponar y causar problemas de drenaje si las perforaciones son muy pequeñas (fig. 2.1.9B). Otra función de las perforaciones de drenaje es forzar al sistema de

raíces a la poda aérea cuando ésta alcanza el fondo del contenedor (ver la sección previa). Sin embargo, los beneficios de estas perforaciones de drenaje se pierden si no se garantiza una corriente de aire bajo el contenedor (fig. 2.1.9D).

Propiedades de los contenedores que afectan la temperatura del sustrato. El color y las propiedades aislantes de los materiales con que están constituidos los contenedores afectan la temperatura del sustrato y, por lo tanto, el crecimiento de la raíz. Estas propiedades son importantes durante la etapa de cultivo porque la temperatura de la raíz es afectada por la absorción de energía solar y por las propiedades aislantes del material con que está hecho el contenedor. El aislamiento del sistema radical también es importante cuando las plantas están sujetas a bajas temperaturas durante el período de endurecimiento o durante el período invernal.

Las propiedades de absorción y conducción del calor del contenedor, pueden resultar significativas en un ambiente de “alta energía” en un vivero con producción en contenedores. Las elevadas temperaturas en la raíz pueden inhibir su crecimiento y aún provocar la muerte de la planta (Furuta, 1978). Whitcomb (1988), en su discusión de los efectos de elevadas temperaturas radicales en viveros que utilizan contenedores, enfatiza que existe una variación considerable en la tolerancia al calor entre las diferentes especies vegetales, y aún entre variedades de las mismas especies.

La absorción de calor es una función del color del contenedor; con colores oscuros se absorbe más energía solar que con los colores claros (fig. 2.1.9D). Los contenedores hechos de material aislante grueso, como el poliestireno expandido (Styrofoam®), pueden conducir menos calor que los materiales plásticos delgados. Bassman *et al.* (1989) estudiaron plantas de *Larix occidentalis* (western larch) cultivadas en 3 tipos distintos de contenedores, y concluyeron que el sustrato en contenedores hechos de plástico delgado, puede calentarse más rápidamente que el de contenedores con paredes gruesas. Las plantas creciendo en el sustrato más caliente tuvieron mayor crecimiento radical. No obstante, las temperaturas excesivamente elevadas dañan las raíces de las plantas. Whitcomb (1988) reportó que la temperatura del sustrato, justo en la pared de grandes contenedores para especies ornamentales, algunas veces alcanzaba 48°C (120°F) bajo luz solar directa; Barney (1947) encontró que los sistemas radicales de plantas de varias coníferas murieron después de solamente algunas horas bajo tales temperaturas. Brown

(1982) investigó el efecto del color del contenedor en 3 especies ornamentales, y encontró que cambiando el color del contenedor de negro a blanco se reducen las temperaturas del sustrato en 7°C (11°F) y se producen plantas con una mayor calidad. Las plantas del borde de la mesa en la zona soleada del área de crecimiento, son más susceptibles a daños en la raíz por altas temperaturas.

Tan importante como el aislamiento de los sistemas radicales contra elevadas temperaturas resulta protegerlos contra daños por bajas temperaturas. Las raíces son mucho más sensibles al daño por frío que los tallos, y las plantas en contenedores creciendo a la intemperie durante el invierno, pueden sufrir daños severos si sus raíces no son protegidas. Los contenedores construidos con materiales con un alto valor de aislamiento, como el poliestireno expandido (Styrofoam), proveen mejor protección que los contenedores con paredes delgadas, aunque Edwards y Huber (1982) reportaron daño por frío aún en bloques de poliestireno expandido (los daños por bajas temperaturas son discutidos con mayor detalle en el capítulo 1 del volumen cinco de esta serie).

2.1.2.2 Características que afectan las operaciones en vivero y las operaciones de plantación.

Además de las características que afectan el crecimiento de la planta, existen otros atributos de los contenedores como el tamaño, que afectan aspectos operativos en los procesos de vivero y en el de la plantación. Debido a que ningún contenedor es ideal para todos los propósitos, el viverista ha de considerar todas las diferentes características y discutir las con la clientela durante el proceso de selección del contenedor.

Necesidad de conjugar los contenedores con las actividades en vivero y plantación. Las actividades del vivero y de plantación, deben ser consideradas totalmente durante el proceso de selección del contenedor. En los viveros nuevos, los atributos físicos del contenedor, como el tamaño y el espaciado, pueden determinar el diseño de las mesas y, por tanto, la producción de plantas por unidad de superficie de crecimiento. El volumen y la forma del contenedor influyen en el tipo de sustrato a usar, así como el tipo de equipos de llenado y siembra. A causa de los efectos del contenedor en el contenido de humedad del sustrato, los sistemas de fertilización y de irrigación deben ser considerados durante el proceso de selección del contenedor. Los contenedores con gran volumen y su inherente baja densidad de

plantas en crecimiento, resultarán en un crecimiento más rápido y, por tanto, en menores rotaciones en el invernadero, pero tales contenedores también ocupan un mayor espacio de crecimiento. Para el caso de plántulas en contenedor, que serán transplantadas a una cama para ser producidas a raíz desnuda en el vivero, el tipo de contenedor afecta el tipo de máquina transplantadora a utilizar, así como la facilidad de manejo en el establecimiento en vivero para su producción a raíz desnuda.

Los atributos del contenedor también afectan otros aspectos del proceso de reforestación, incluyendo desde la recolección de la semilla hasta la plantación. El tamaño de la semilla debe ser considerado: especies con semillas grandes, como la del encino, requerirán contenedores más amplios que las especies con semilla pequeña. La carga de las plantas, su manejo, transporte y almacenamiento, también son afectadas por el tamaño y peso de los contenedores, o de los cepellones con planta extraídos. Las plantas en contenedores de gran volumen, son igualmente más pesadas y voluminosas para manejarse en cada etapa de los procesos de cosecha, almacenamiento y plantación. El tamaño y la forma del contenedor, también pueden afectar el tipo de herramienta a emplear para la plantación y otras operaciones logísticas en el sitio de plantación, porque si son grandes, pocas plantas pueden ser empaquetadas por caja de embarque, o cargadas por bolsa de plantación.

Algunos tipos de contenedores han sido diseñados específicamente como parte de un sistema completamente automatizado de siembra y plantación. El contenedor tipo paperpot, fue uno de los primeros contenedores que estuvo disponible comercialmente con un sistema de llenado, siembra, manejo y plantación (Hoedemaker, 1974). El sistema Hiko®, desarrollado en Suecia, es capaz de llenar y sembrar aproximadamente 250,000 cavidades en un período de 8 horas, además los contenedores son cargados mecánicamente en cada etapa dentro del vivero. En el sitio de plantación, los contenedores son cargados en mochilas especialmente diseñadas (Twetman, 1988). La conveniencia de un sistema de contenedores de este tipo, debe ser ponderado contra el costo y la inflexibilidad de estos sistemas altamente automatizados. Una vez que el contenedor es seleccionado y las actividades del vivero y reforestación son diseñadas en relación a éste, comienza a aumentar la dificultad para cambiar los tipos de contenedor o cualquier otra parte del equipo o instalaciones.

Costo y disponibilidad. Aunque los aspectos biológicos relacionados con un contenedor en particular son importantes, su costo y disponibilidad frecuentemente son los factores que determinan la selección. Gastos asociados, como los costos de embarque y almacenamiento, deben ser contemplados, además del precio del contenedor. Muchos contenedores solamente son producidos en un lugar y los costos de transporte aumentan en proporción directa a la distancia que se está de la fábrica; otros, como los bloques de poliestireno expandido (Styrofoam blocks), son producidos y distribuidos desde varias localidades a lo largo del continente, y por tanto están ampliamente disponibles. La disponibilidad a largo plazo también ha de considerarse durante el proceso de selección, para prever que exista una amplia oferta de contenedores a futuro.

Cuando se realiza un análisis económico de diferentes tipos de contenedores, también deben ser considerados el costo total de la producción de planta, incluyendo la densidad de cultivo de las plantas, la cantidad de sustrato requerido, y el valor de las plantas producidas.

Durabilidad y reutilización. Los contenedores deben ser lo suficientemente durables para mantener la integridad estructural y contener el crecimiento radical durante el período de vivero. En los viveros, el intenso calor y los rayos ultravioleta pueden causar quebraduras en algunos tipos de contenedores de plástico (fig. 2.1.12), aunque en la actualidad muchos de éstos contienen inhibidores ultravioleta. La durabilidad es especialmente importante cuando se consideran contenedores biodegradables, ya que éstos deben ser durables en las típicas condiciones de humedad de los invernaderos, y además deben biodegradarse en un período de tiempo razonable después de la plantación.

Algunos contenedores están diseñados para ser usados una vez, mientras que otros pueden reutilizarse por 5 o más rotaciones de cultivo. La reutilización debe ser considerada en el análisis de costos de los contenedores, pues su costo debe amortizarse sobre su esperanza de vida útil, después ajustar por costo de traslado, limpia y esterilización de los contenedores entre cosechas.

Capacidad para supervisar la condición del sustrato y el crecimiento radical. Si bien es fácil revisar el ambiente y observar el crecimiento de la parte aérea de la planta y su fenología, es más difícil supervisar la condición del sustrato y el grado de actividad de la raíz. En un contenedor típico, es imposible observar directamente el contenido de

humedad del sustrato, o el crecimiento de la raíz sin ocasionar disturbio a la planta. Sin embargo, después, durante el ciclo de cultivo, las plantas se hacen lo suficientemente grandes para formar una masa firme de raíces, y puede ser removida temporalmente del contenedor para examinar la condición de las raíces. Se han desarrollado contenedores que pueden ser abiertos a efecto de examinar el medio de crecimiento y el sistema radical. Los contenedores tipo libro (fig. 2.1.7A) se abren a lo largo del fondo del contenedor, y pueden abrirse y cerrarse cuantas veces sea necesario. Los contenedores desplegados poseen una característica similar, consistente en dos secciones separadas pero que empatan, y que pueden ser abiertas para dejar expuesto el sustrato y para examinar el sistema radical (fig. 2.1.13A).



Figura 2.1.12 La luz solar intensa, especialmente la radiación ultravioleta, puede originar quebraduras en los contenedores de plástico. Actualmente muchos contenedores de plástico están contruidos con productos químicos “inhibidores de la radiación ultravioleta.”

Una desventaja operativa de este tipo de contenedores, es que deben ser ensamblados (fig. 2.1.13B) y colocados en bandejas portadoras luego de ser comprados. Cuando se evalúan diferentes tipos de contenedores, el costo agregado por manejo debe ser comparado con los beneficios que representa el facilitar el seguimiento de la condición del medio de crecimiento y de las raíces.



A



B

Figura 2.1.13 Los contenedores desplegables, como este paquete con tubos (tubepack®) están diseñados para permitir la revisión del sustrato y del crecimiento radical durante la etapa de cultivo (A). Estos contenedores vienen en dos secciones aparejadas, las cuales deben ser ensambladas antes de utilizarse (B).

Capacidad para intercambiar y consolidar contenedores (individualidad). Una característica operativa que tiene varias implicaciones de manejo es la individualidad, que permite el acomodo de contenedores individuales, intercambiándolos dentro de un sistema en bandejas. Un ejemplo típico es el contenedor Ray Leach Single Cell® (fig. 2.1.14A-B). Uno de los beneficios operativos significativos de un sistema de contenedores individuales, consiste en que las cavidades individuales indeseables pueden ser removidas de la bandeja y ser reemplazadas por otras. Esto es

particularmente útil durante los aclareos, cuando las cavidades vacías pueden ser reemplazadas con cavidades conteniendo una semilla en germinación, y durante el proceso de reemplazamiento de cavidades con plantas enfermas o indeseables, por cavidades con plantas sanas. Esta consolidación puede salvar una considerable cantidad de espacio de cultivo en el invernadero (fig. 2.1.14C), y durante el almacenamiento y el embarque. Los contenedores individuales son también comúnmente empleados en las labores de mejoramiento genético, en las cuales cada planta debe ser manejada y etiquetada individualmente. Una desventaja del diseño de contenedores individuales es el manejo adicional requerido para la reposición de cavidades individuales en la bandeja, si las plantas son embarcadas en las celdas hacia el sitio de plantación.

Manejo, embarque y almacenamiento. Los contenedores deben ser manipulados repetidamente desde el embarque inicial cuando son adquiridos, a lo largo de la etapa de cultivo, hasta el almacenamiento, embarque y la plantación. Los contenedores que pueden plegarse, como las macetas de papel (paperpot), son adquiridos en una forma plegada y tienen bajos costos de embarque y almacenamiento previo a la siembra (Hoedemaker, 1974); sin embargo, estos mismos contenedores deben ser desplegados antes de llenarlos y de realizar la siembra, requiriéndose entonces de manejo adicional. El tamaño y peso de una cavidad llena de un contenedor pueden afectar también la facilidad de manejo. Los contenedores deben ser lo suficientemente resistentes para soportar un manejo repetido. Los sistemas automatizados, también causan tensión mecánica en los contenedores y en las bandas.

El tipo de sistemas de embarque y almacenamiento, también ha de ser considerado durante la selección del contenedor. Si las plantas han de permanecer en éste, deberá usarse algún tipo de caja para protegerlas durante el embarque y durante el almacenamiento provisional. En muchos viveros, extraen las plantas de su contenedor y las envuelven en bolsas de plástico o en películas de plástico para almacenarlas en refrigeración y posteriormente embarcarlas al sitio de plantación. Los diferentes tipos de contenedores requieren de diferentes equipos de manejo, y estos factores pueden tener una influencia significativa sobre la elección del mejor tipo de contenedor para un vivero dado, y para el sistema de plantación asociado a éste.



A



C

Figura 2.1.14 Los sistemas de contenedores como el tipo Ray Leach Single Cell®, consisten en contenedores individuales (A) que son intercambiables en un sistema de bandejas separadas (B). Una característica práctica de este tipo de contenedores, es que pueden ser consolidados: las celdas que están vacías o las que tienen plantas a eliminar, pueden ser removidas para que cada espacio en la bandeja posea una planta sana, optimizándose así el empleo del espacio de cultivo. Las bandejas en primer plano (C) tienen celdas que fueron removidas de las bandejas ahora totalmente ocupadas en el fondo. (Nota del traductor: En México, son conocidos como "conos" un grupo de contenedores individuales como los de esta figura, por su semejanza con la figura geométrica, independientemente de las dimensiones y características específicas de cada una de las variedades existentes).



B



2.1.3 Tipos de Contenedores

Las especies forestales han sido cultivadas en muchos tipos de contenedores a través del tiempo. Inicialmente se utilizaron los tipos hortícolas estándares, pero los viveristas forestales pronto se dieron cuenta que las especies forestales requerían contenedores con características especiales, como las discutidas en la sección previa. Diversos tipos de contenedores han sido ensayados, pero después de 2 décadas de pruebas, solamente un porcentaje relativamente bajo (28%) de los referidos en el libro "Cómo cultivar plántulas forestales en contenedores en invernaderos" (Tinus y McDonald, 1979) aún se continúan usando. En la actualidad, son diseñados y ensayados nuevos tipos; este esfuerzo para desarrollar el contenedor ideal indudablemente continuará, pues no existe un diseño único de contenedor que sea perfecto para todas las aplicaciones.

Aunque se han usado variados y diferentes sistemas de categorización de contenedores, el sistema más práctico los divide en dos categorías funcionales: aquellos que son plantados junto con la planta, y aquellos que son removidos antes de que la planta sea establecida en campo (Tinus y McDonald, 1979).

2.1.3.1 Contenedores que son plantados con la planta

Mucho del trabajo original para desarrollar contenedores para especies forestales, se centra en diseñar uno en el que no solamente se pueda cultivar una planta aceptable en el vivero, sino que también pueda ser directamente plantado en campo. Se han desarrollado dos tipos de estos contenedores. Los del primer tipo están hechos con material biodegradable, como es turba de musgo moldeada o la fibra de madera, por ejemplo, las barras de turba (peat sticks) o las macetas de fibra (fiber pots), que se biodegradan después de la plantación. Las semillas son sembradas en la parte superior y las raíces de la planta penetran a través del contenedor. El mayor problema con estos contenedores biodegradables es que carecen de una pared sólida con características antiespiralamiento, por lo que las raíces crecen al azar, frecuentemente dentro de contenedores adyacentes. Otra desventaja es que frecuentemente se cubren con algas y musgo en el vivero, y esto dificulta su manejo. Barnett y Brissette (1986) reportan que algunos contenedores biodegradables, especialmente el Kys-Tree-Start® producen plantas aceptables de pinos del sur de los E.U.A. y funcionan bien en el campo. Aunque algunos contenedores biodegradables aún están

disponibles (cuadro 2.1.4), en la actualidad ninguno es ampliamente utilizado en los viveros norteamericanos (cuadro 2.1.1). Estos contenedores probablemente son usados sólo para el cultivo de plantas por períodos breves, antes que sus sistemas radicales se expandan mucho.

El segundo tipo de contenedores biodegradables, consiste de un casquillo de plástico duro, malla plástica, o papel especialmente tratado, el cual es llenado con sustrato para realizar posteriormente la siembra, a efecto de producir una planta bajo cultivo normal en vivero. La planta entonces es plantada con el contenedor, que en teoría podrá expandirse, descomponerse, o de alguna manera encauzar el crecimiento de las raíces fuera, hacia el suelo de alrededor. Los contenedores de plástico duro que fueron diseñados para expandirse bajo la presión radical después de la plantación, como por ejemplo la bala Walter (Walters Bullet) y el tubo Ontario (Ontario tube) (fig. 2.1.1), tuvieron algún éxito inicial (Walters, 1974; Reese, 1974), pero tuvieron problemas debido a una inconsistente salida de la raíz y, en algunos casos, por la estrangulación de ésta (Barnett y McGilvray, 1981; Van Eerden, 1982). Las especies forestales también han sido cultivadas con éxito en contenedores de malla plástica, aunque pueden presentarse algunas restricciones después de la plantación (Budy y Miller, 1984; Barnett y McGilvray, 1981). A causa de la preocupación por los problemas con la forma de la raíz después de la plantación, en la época de la realización de la encuesta sobre contenedores, había disminuido el interés por los contenedores de plástico duro o de malla plástica, que pueden ser plantados con todo y planta (cuadro 2.1.1).

Uno de los contenedores más exitosos, que todavía se utiliza y que es plantado junto con la planta, es el paperpot (cuadro 2.1.1), la cual fue introducida en el este de Canadá, hace poco más de 20 años, para reemplazar al tubo Ontario (Ontario tube). Barnett y Brissette (1986), concluyen que el paperpot es el mejor contenedor de este tipo. Las macetas paperpot son tubos de papel que carecen de fondo y tienen sección transversal hexagonal, los cuales están interconectados a través de un diseño en panal (fig. 2.1.15). Están compuestos por un papel especial, el cual es una mezcla de papel de fácil descomposición y fibras que resisten la descomposición, y están disponibles en tres grados de resistencia a la descomposición a través del tiempo: **B** de 4 a 6 semanas, **V** de 7 a 9 semanas, y **F** de 3 a 12 meses. Cada maceta de papel individual es sellada con pegamento insoluble para formar un tubo hexagonal abierto. Las macetas de

papel están interconectadas con otras macetas por medio de un pegamento hidrosoluble, que lentamente se va solubilizando durante el período de vivero, de tal forma que los contenedores individuales quedan separados justo antes de la plantación (fig. 2.1.15). Las secciones plegadas como acordeón de las macetas de papel son embarcadas así, y deben de ser desplegadas dentro de una bandeja de plástico duro antes de ser llenadas y de realizarse la siembra.

Están disponibles varios tamaños de macetas de papel (paperpot), pero el tamaño 408 fue el más popular en los viveros forestales norteamericanos al momento de la encuesta sobre contenedores (cuadro 2.1.1). Una de las principales preocupaciones en relación a la maceta de papel es su pobre control sobre la forma de la raíz. El espiralamiento radical y la invasión de raíces entre contenedores, frecuentemente ocurren (Barnett y McGilvray, 1981), y esta característica es considerada como indeseable por muchos viveristas y dasónomos dedicados a la reforestación. No obstante, Barteaux y Kreiberg (1982), refieren que la invasión de raíces entre este tipo de contenedores fue "mínima," y las verificaciones en plantaciones han mostrado que las plantas con maceta de papel (paperpot), tenían mejor forma en sus raíces que la de plantas producidas a raíz desnuda. Un producto

recientemente desarrollado, la maceta de papel PS (PS paperpot), está hecha con plástico delgado, conteniendo una tira de cobre para eliminar el enraizado entre contenedores durante la fase de vivero (MacDonald, 1986). El tipo Ecopot® es otra nueva modificación al sistema de macetas de papel, la cual contiene tiras plásticas paralelas entre las celdas individuales. Tal aditamento inhibe el crecimiento radical entre celdas adyacentes y produce una planta que puede ser fácilmente extraída del contenedor (Sims, 1988).

La popularidad de las macetas de papel es fuertemente regional; en Canadá este tipo de contenedor es muy popular en las provincias del este y del centro, pero rara vez es utilizado en el oeste (Smyth y Ramsay, 1982). Barteaux y Kreiberg (1982) compararon macetas de papel con muchos otros tipos de contenedores durante un período de 10 años en New Brunswick, y encontraron que las primeras fueron las más baratas y fáciles de manejar. Sin embargo, en viveros forestales canadienses que producen en contenedores, recientemente dejaron de utilizar la maceta de papel, a causa de la preocupación existente por la pobre salida de raíces después de la plantación, especialmente en localidades frías y húmedas (Sims, 1988).

Cuadro 2.1.4 Lista de los principales tipos de contenedores disponibles en los Estados Unidos y Canadá, para el cultivo de especies forestales.

	Material de construcción	Fabricantes/Distribuidores
Contenedores plantados con la planta		
<i>Contenedores de papel</i>		
Paperpot	Papel especialmente tratado	Hakmet Ltd. PO Box 248 Dorion, PQ, CANADA J7V 7J5 Lannen Inc. 880 Calle Plano, I PO Box 3383. Camarillo, CA, 93011
Strech-A-Pot®	Papel especialmente tratado	Pan Agro. 2084 North, 1200 East North Logan, UT, 84321
<i>Contenedores de fibra de madera</i>		
Jiffy pot	Turba de musgo moldeada Turba de musgo moldeada en malla plástica	Jiffy Products of America. 1400 Harvester Road. Forestry pellet PO Box 338. West Chicago, IL, 60185 Jiffy Products Ltd. PO Box 360. Shippagan, NB, CANADA EOB 2P0
Fiber pot	Pulpa de madera moldeada	Western Pulp Products Co. PO Box 968. Corvallis, OR, 97339

Cuadro 2.1.4 Lista de los principales tipos de contenedores disponibles en los Estados Unidos y Canadá, para el cultivo de especies forestales. (Continuación)

Material de construcción		Fabricantes/Distribuidores
Contenedores que son removidos antes de la plantación		
<i>Celdas individuales en bandejas</i>		
Ray Leach Single Cell System®	Celdas de polietileno de baja densidad, con bandeja de poliestireno de alto impacto	Stuewe and Sons Inc. 2290 SE Kiger Island Drive. Corvallis, OR, 97333
Stuewe Super Cell®	Polietileno de baja densidad	Stuewe and Sons Inc. 2290 SE Kiger Island Drive, Corvallis, OR, 97333
Hawaii dibble tube	Celda de polietileno de alta densidad, con bandeja de poliestireno de alto impacto	Firewheel Manufacturing Co. Ltd. PO Box 72-41. Taipei, Taiwan, Republic of China
Colorado Container	Celda de poliestireno de alto impacto con bandeja de poliestireno expandido	Colorado Hydro, Inc. 5555 Ute Higway. Longmont, CO, 80501
Deepot®	Celda y bandeja de polietileno de alta densidad	J.M. McConkey & Co., Inc. PO Box 1690. Sumner, WA, 98390 Stuewe and Sons, Inc. 2290 SE Kiger Island Drive. Corvallis, OR, 97300
<i>Contenedores tipo libro o tipo funda</i>		
Spencer-Lemaire Roottrainer®	PET (tereftalato de polietileno) o ABS (acrilonitrilo- butadiestireno)	Spencer-Lemaire. Industries, Ltd. 11413 120 Street. Edmonton, AB, CANADA T5G 2Y3 A.H. Hummert Seed Co. 2746 Choteau Avenue. St. Louis, MO, 63103
Tubepack®	Poliestireno	Porter-Walton Wholesale Nursery 262 West, 400 South. Centerville, UT, 84014
<i>Contenedores en bloque</i>		
Styroblock®	Poliestireno expandido	Silvaseed Company. PO Box 118. Roy, WA, 98580 Beaver plastics, Ltd. 12150 160 St. Edmonton, AB, CANADA T5V 1H5

Cuadro 2.1.4 Lista de los principales tipos de contenedores disponibles en los Estados Unidos y Canadá, para el cultivo de especies forestales. (Continuación)

Material de construcción		Fabricantes/Distribuidores
First Choice® block	Poliestireno expandido	First Choise Manufacturing 19402 56th Avenue. Surrey, BC, CANADA V3S 6K4
	Poliestireno expandido	Stuewe and Sons, Inc. 2290 SE Kiger Island Drive. Corvallis, OR, 97333
Styrofoam® block	Poliestireno expandido	Plant-A-Plug Systems. PO Box 1953. Pine Bluff, AK, 71613
Colorado Styrofoam® block	Poliestireno expandido	Colorado State Forest Nursery. Foothills Campus Colorado State University. Ft. Collins, CO, 80523
Ropak® Multi-pot seedling tray	Polietileno de alta densidad	Sauze Technical Products. Corp. 345 Cornelia Street. Plattsburgh, NY, 12901
		Stuewe and Sons, Inc. 2290 SE Kiger Island Drive. Corvallis, OR, 97333
		Ropak Can-Am Ltd. PO Box 340. Springhill, NS, CANADA B0M 1X0
Hiko Containerset	System® Polietileno de alta densidad	International Forest Seed Co. PO Box 290. Odenville, AL, 35120
Deep Groove Tube Tray®	Polietileno de alta densidad	Growing Systems, Inc. 2950 North Weil Street. Milwaukee, WI, 53212
Capilano seedling tray	Polietileno de alta densidad	Capilano Plastics Co., Ltd. 1081 Cliveden Avenue. Annacis Island. New Westminster, BC, CANADA V3M 5V1
		Stuewe and Sons, Inc. 2290 SE Kiger Island Drive. Corvallis, OR, 97333
Todd® planter flat	Poliestireno expandido	Speedling Inc. Old Highway 41 South PO Box 7238. Sun City, FL, 33586
Seedling tray	Poliestireno expandido	Castle and Cooke. Techniculture, Inc. PO Box 1759. Salinas, CA, 93902
		Grow Tech, Inc. 56 Peckham Road. Watsonville, CA, 95076

Cuadro 2.1.4 Lista de los principales tipos de contenedores disponibles en los Estados Unidos y Canadá, para el cultivo de especies forestales. (Continuación)

	Material de construcción	Fabricantes/Distribuidores
Ecopot	Papel con laminado plástico	Hakmet, Ltd. PO Box 248. Dorion, PQ, CANADA J7V7J5 Lannen, Inc. 880 Calle Plano, 1. PO Box 3383. Camarillo, CA, 93011
Stretch-A-Pot	Película de polietileno	Pan Agro. 2084 North, 1200 East. North Logan, UT, 84321
<i>Contenedores separados</i>		
Treepot	Polietileno de alta densidad	Stuwe and Sons, Inc. 2290 SE Kiger Island Drive. Corvallis, OR, 97333 J.M. McConkey & Co., Inc. PO Box 1690. Sumner, WA, 98390
Rootrainer® One Cell	PET (polietileno tereftalato)	Spencer-Lemaire industries, Ltd. 11413 120 Street. Edmonton, AB, CANADA T5G 2YE A.H. Hummert Seed Co. 2746 Choteau Avenue. St. Louis, MO, 63103
Polybag	Película de polietileno	HGP Inc. 761 Kanoelehua Avenue. Hilo, HI, 96720 A.H. Hummert Seed Co. 2746 Choteau Avenue. St. Louis, MO, 63103
<i>Contenedores miniatura</i>		
Techniculture® plug system	Poliestireno expandido	Castle and Cooke Techniculture, Inc. PO Box 1759. Salinas, CA, 93902
Miniblock® 448	Poliestireno expandido	Los mismos distribuidores del "Styroblock"
First Choice Hahn 408	Poliestireno expandido	Los mismos distribuidores del "First Choice block"
<i>Contenedores usados</i>		
		Stuwe and Sons, Inc. 2290 SE Kiger Island Drive. Corvallis, OR, 97333

A las macetas paperpot no les ha ido bien de acuerdo con varias pruebas en vivero y en campo. Barnett y McGilvray (1981) probaron estos contenedores con pinos del sur de los E.U.A., y encontraron que el papel usado en la maceta japonesa (japanese paperpot) se degradaba lentamente después de la plantación y no facilitaba la salida de las raíces, lo que derivó en baja sobrevivencia y pobre crecimiento en campo. Barnett y Brissette (1986) refieren que el papel utilizado en la maceta finlandesa (finnish paperpot) facilita una salida más rápida de las raíces, en comparación con la maceta japonesa. Budy y Miller (1984) hallaron que las plantas de *Pinus jeffreyi* (jeffrey pine) mostraban una sobrevivencia y un crecimiento muy pobres en campo después de la plantación, cuando se utilizaba la maceta de papel japonesa. Dirmarsen y Alm (1979), plantaron *Pinus resinosa* (red pine) y *Pinus banksiana* (jack pine) en macetas paperpot en Minesota, y encontraron que éstas no se habían degradado y que las raíces no habían penetrado aún el papel después de cuatro estaciones de crecimiento. Una de las razones para estas discrepancias entre regiones geográficas, puede deberse al clima o al tipo de suelo. Los sitios de plantación en el este de Canadá son probablemente más húmedos que los de los Estados Unidos, y esta mayor humedad del suelo puede apresurar la tasa de descomposición del papel y la salida de las raíces. Cuando se planta en localidades secas, el papel se hace resistente a la penetración de las raíces, así que éstas quedan retenidas por el contenedor.

Un desarrollo reciente en esta clase de contenedores, es la cápsula forestal Jiffy (Jiffy® forestry pellet), una modificación de la cápsula hortícola de turba (Jiffy 7® horticultural peat pellet) (Hatheway, 1988). La cápsula forestal utiliza un nuevo tipo de red de plástico que se separa conforme las raíces crecen fuera del contenedor. Este nuevo contenedor comienza a ser comúnmente utilizado en las Provincias Marítimas de Canadá.

2.1.3.2 Contenedores que son removidos antes de la plantación

Los contenedores para la producción de plantas que son extraídas antes de la plantación (y que forman un cepellón) fueron, con mucho, el tipo más popular (91 % del total) en los viveros forestales de los Estados Unidos y Canadá, cuando fue realizada la encuesta sobre viveros que producen en contenedor (cuadro 2.1.1). El término de **plántulas con cepellón** ("plug seedlings" en inglés), se deriva del hecho de que sus raíces retienen al sustrato junto con ellas, en una

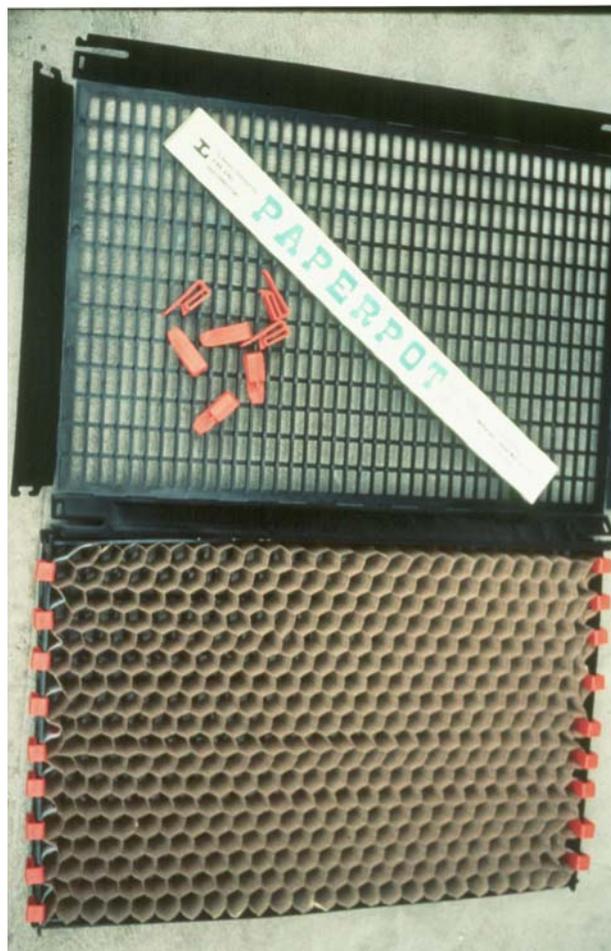


Figura 2.1.15 Las macetas de papel (paperpot) consisten de una serie de celdas de papel interconectadas, que están arregladas en un modelo similar al de un panal, y que se separan antes de la plantación (cortesía de Lannen, Inc., Camarillo, California).

masa relativamente firme o cepellón (fig. 2.1.16). Los contenedores para la producción de planta con cepellón deben tener dos características en común (Tinus y McDonald, 1979):

1. Las paredes del contenedor deben ser relativamente lisas, para que las raíces no puedan penetrarlas y no dificultar así la remoción.
2. El corte transversal de la cavidad del contenedor, debe irse adelgazando de la parte superior hacia la inferior del contenedor, para que la planta pueda ser fácilmente extraída desde el extremo superior (ahusamiento).

Celdas individuales en bandejas. Un contenedor individual, que es parte de un grupo mayor de contenedores, es denominado celda o tubo. Estas celdas o tubos están soportados por una bandeja o

portacontenedor, que determina el espacio entre celdas y, por tanto, la densidad de cultivo de las plantas (Allison, 1974). Aunque el término portacontenedor es más descriptivo, aquí se utilizará el término bandeja pues es más empleado comercialmente.

Aunque existen diferentes tipos de celdas individuales disponibles como contenedores (cuadro 2.1.4), el sistema Ray Leach Single Cell®, es el más común en los viveros norteamericanos que usan contenedores, constituyendo el 16% del total de los contenedores utilizados durante la aplicación de la encuesta (cuadro 2.1.1). Se encuentran disponibles varios tamaños de contenedores R/L Single Cells, y cada uno consiste de un tubo de plástico suave, que se ajusta a una bandeja de plástico duro (fig. 2.1.14) La capacidad de las diversas celdas oscila entre 49 y 164 cm³ (3.0 a 10.0 pulgadas cúbicas), y los intervalos para la densidad de crecimiento oscilan de 500 a 1,076 celdas/m² (49 a 100 por pie cuadrado) (cuadro 2.1.1).

Una de las mayores ventajas del sistema de celdas individuales, es que los contenedores pueden ser manejados tanto individual como colectivamente. Esta característica de individualización permite la consolidación de celdas individuales durante la entresaca, de modo que el espacio de cultivo en el invernadero puede ser usado eficientemente (fig. 2.1.14). La densidad del cultivo puede reducirse mediante la colocación terciada de las celdas en la bandeja, promoviéndose así el desarrollo de plantas más grandes, y disminuyendo las enfermedades del follaje, ya que es favorecida la circulación de aire alrededor de las plantas. Después de que se han formado raíces firmes en el cepellón, las plantas pueden removerse de los contenedores aplicando un suave apretón a la celda, o mediante un ligero golpeteo de la parte superior de la celda contra una superficie dura. Una desventaja del sistema individual de celdas, es que los contenedores tienen que ser reemplazados en las bandejas si las celdas son removidas para su embarque, o limpiadas entre cultivos (Tinus y McDonald, 1979). Las bandejas de plástico duro del sistema R/L Single Cell, son relativamente frágiles y resultan fácilmente dañadas cuando son repetidamente manipuladas estando cargadas con plantas pesadas. Sin embargo, gracias a la tendencia actual hacia la extracción de plantas de los contenedores en el vivero, este problema se está reduciendo.

Los contenedores tipo R/L Single Cells son las más populares en el noroeste de los Estados Unidos (Landis, 1982), donde fueron desarrolladas. Estos

y otros tipos de sistemas de celdas individuales también son empleados en viveros distribuidos en el país (E.U.A.) y son particularmente populares en los viveros especializados en mejoramiento genético forestal. Otro contenedor con celdas individuales es el "tubo dibble" el cual tiene la misma forma de la herramienta utilizada para la plantación. Este contenedor es similar a la celda individual R/L, excepto que el primero fue específicamente diseñado para el cultivo de especies tropicales; este tubo es comúnmente utilizado en Hawaii, Guam, y en varios países.

Los cilindros moldeados de turba (extruded peat cylinders) son otro tipo de contenedores individuales. Estos son formados por el moldeado de una mezcla de turba y agua dentro de una cubierta de plástico, continua y delgada; la cubierta llenada entonces se divide en cilindros uniformes o "embutido". Si bien las coníferas fueron cultivadas en estos contenedores exitosamente, nunca han sido usados extensivamente en los viveros forestales norteamericanos. (Mitchell *et al.*, 1972; Hocking y Mitchell, 1975).



Figura 2.1.16 Las plantas que son removidas del contenedor antes de ser plantadas, son llamadas plantas con cepellón, porque su sistema radical retiene el sustrato junto a él, formando un pequeño cepellón cohesivo.

Otros tipos de contenedores de celdas individuales, como el tubo de polietileno (polytube) o la bolsa de polietileno (polibag) (fig. 2.1.17), están contruidos de una película de plástico. Estos contenedores son económicos y fáciles de embarcar y almacenar, y son populares en viveros de países en desarrollo o en localidades remotas. A escala comercial están disponibles bolsas de polietileno de diferentes tamaños; se encontró que el tamaño de 20 x 15 cm (8 x 6 pulgadas) produce una mejor calidad de plantas de casuarina (Vinaya Rai y Natarajan, 1987). Las bolsas de polietileno vienen en plástico color claro y negro, pero las negras han probado ser superiores porque retardan el

crecimiento de algas (Liegel y Venator, 1987). En este tipo de contenedores, un apropiado desarrollo de la raíz resulta problemático, porque sus lados lisos promueven el espiralamiento, y el enroscamiento de la raíz es común en el fondo del contenedor (Venator *et al.*, 1985). Wilson (1986) evaluó el uso de bolsas de polietileno, o tubos de polietileno, en un vivero tropical, y concluyó que su popularidad radicó más en función de la robustez de las plantas que son cultivadas, que en atributos benéficos del sistema. Sharma (1987) discute el uso de bolsas de polietileno en viveros tropicales, así como las causas de deformación de las raíces, y enlista algunas prácticas culturales que reducen este tipo de problemas.



Figura 2.1.17 La bolsa de polietileno es un contenedor individual que es popular en los viveros de países menos industrializados; sin embargo, éste no puede prevenir el espiralamiento de la raíz ni facilitar la poda por contacto con el aire.

Contenedores tipo libro y tipo funda. Este tipo de contenedor consiste de una hilera de celdas hechas con plástico relativamente delgado, y está diseñado para ser abierto y cerrado sin dañar las raíces de las plantas. Aproximadamente el 10% de los contenedores utilizados en viveros forestales de

los Estados Unidos y Canadá, al momento de realizarse la encuesta eran tipo libro o tipo funda (cuadro 2.1.1). El original y más popular de estos contenedores, es el Spencer-Lemaire (S/L) Roottrainer® (fig. 2.1.18), el cual es denominado contenedor tipo libro porque consiste de dos piezas que se ajustan mutuamente y que están unidas por medio de una bisagra en el fondo, y que producen una hilera de celdas rectangulares cuando las dos piezas están ensambladas (fig. 2.1.13). Una vez ensamblados, los contenedores tipo libro o tipo funda, son colocados juntos en bandejas especialmente diseñadas, o unidos para formar bloques o celdas.

Los contenedores tipo libro o tipo funda, están disponibles con varios distribuidores en los Estados Unidos y Canadá (cuadro 2.1.4). Los guías de raíz vienen en una variedad de tamaños, con los más populares, por cuanto toca a capacidad de la celda, de 40 a 350 cm³ (2.5 a 21.5 pulgadas cúbicas), y con densidad de celdas de 516 a 1,280 celdas/m² (48 a 119 por pie cuadrado) (cuadro 2.1.1). Recientemente ha sido desarrollado un nuevo contenedor S/L de mayor capacidad (1,300 cm³ u 80 pulgadas cúbicas), con una densidad de cultivo de 172 celdas/m² (16 por pie cuadrado).

Tanto los contenedores tipo libro como los tipo funda tienen ahusamiento, y poseen costillas verticales bien definidas que dificultan el espiralamiento de la raíz, y guían a las mismas hacia la oquedad de drenaje al fondo del contenedor. Una característica muy práctica es que éstos pueden ser abiertos con facilidad para verificar la condición tanto del sustrato como del desarrollo de la raíz en cualquier momento durante el ciclo de cultivo, aún antes de que un cepellón firme se haya desarrollado (figs. 2.1.7 y 2.1.13A). La durabilidad de estos contenedores depende del tipo de plástico: los contenedores de poliestireno tienden a fracturarse después de solamente un par de años de uso cuando son expuestos a la luz y al frío. Para un uso extensivo, es considerablemente más durable el nuevo modelo de contenedor guía de raíces construido de plástico ABS (copolímero acrilonitrilbutadiestireno). Otra ventaja es que los cepellones son extraídos fácilmente para su clasificación y empaque. Los contenedores tipo libro y tipo funda, son algo menos durables que los contenedores de otros tipos, y las celdas individuales no pueden ser removidas si fallan para producir una planta o si contienen una planta enferma. No obstante, a causa de la facilidad con que son abiertos, las cavidades vacías pueden ser rellenas con otras plantas, una vez que estas últimas han formado un cepellón firme (Tinus y McDonald, 1979).

Por haber sido originalmente desarrollado en Alberta, Canadá, el Roottrainer S/L (Spencer, 1974), es popular en tal región, así como en otras provincias canadienses (Smyth y Ramsay, 1982; Kelly, 1982). En los Estados Unidos, los dos, el S/L Roottrainer y los contenedores tipo funda son usados en varias localidades del país (E.U.A.) que no tienen un fuerte patrón regional.



Figura 2.1.18 Los contenedores tipo libro o tipo funda, consisten de dos secciones moldeadas de plástico que hacen juego y que ajustan mutuamente para formar una hilera de celdas rectangulares. Los Spencer-Lemaire Roottrainers® son contenedores tipo libro que son ensamblados y luego puestos junto a otros en una bandeja soportadora para formar un bloque (cortesía de Spencer-Lemaire Industries, Ltd., Edmonton, Alberta, Canadá).

Contenedores en bloque. Estos contenedores consisten de un bloque, generalmente rectangular, que contiene determinado número de cavidades o celdas, arregladas en un patrón regular (figs. 2.1.19 y 2.1.20). Las celdas individuales son cavidades cilíndricas que se ahusan gradualmente de la parte superior hacia la perforación de drenaje en el fondo. Los contenedores en bloque fueron el tipo más popular cuando se realizó la encuesta, y varias marcas y tamaños están disponibles comercialmente (cuadro 2.1.4). En Norteamérica,

el contenedor en bloque más común es el de poliestireno expandido (Styrofoam® block) (fig. 2.1.19), seguido por el Multi-Pot® (fig. 2.1.20), con 51% y 11% del uso de contenedores, respectivamente (cuadro 2.1.1).



Figura 2.1.19 Los bloques tipo Styrofoam® están hechos de espuma de poliestireno expandido, y contienen cavidades cilíndricas o celdas arregladas en un patrón regular.



Figura 2.1.20 El contenedor Multi-pot®, es un bloque moldeado con plástico duro, con celdas cilíndricas arregladas en hileras alternadas (cortesía de Ro-Pack, Inc., Springhill, Nova Scotia, Canadá).

Los contenedores en bloque son unidades de poco peso fácilmente manejables, y carecen de celdas individuales o fundas de celdas que puedan ser removidas. Muchos de los bloques de poliestireno expandido y macetas múltiples, con diferentes capacidades en la cavidad, poseen dimensiones externas estandarizadas, para que puedan ser utilizadas con los mismos equipos de llenado, siembra, manejo y extracción (Tinus y McDonald, 1979). Esta característica también es útil durante el almacenamiento, ya que los bloques de poliestireno expandido son fácilmente apilados, y las macetas múltiples pueden encajarse juntas. Ambos tipos de contenedores son resistentes a daños por luz solar y son reutilizables; las macetas múltiples tienen una vida útil de 6 a 10 años. Un

nuevo líquido cobertor, el "Speedling® Super-Cote", puede ser aplicado a los bloques de poliestireno expandido para ampliar su vida útil. Esto ha sido utilizado exitosamente con varias especies de pinos del sur de los Estados Unidos, y se reporta que se hace más fácil la extracción del cepellón. Las costillas dentro de la cavidad, para el control de la raíz, también son estandarizados en los dos tipos de contenedores en bloque, aunque Barnett (1982) reporta que las raíces de plantas de *Pinus taeda* (loblolly pine) resultaron deformadas en el fondo del cepellón, porque las costillas antiespiralamiento de las cavidades de algunos bloques de poliestireno expandido no se extendían hasta el fondo de la cavidad. Una de las desventajas de todos los tipos de contenedores en bloque, es que las cavidades vacías no pueden ser reemplazadas, haciéndose necesarios la alta calidad de la semilla y los procedimientos de siembra apropiados.

Los bloques de poliestireno expandido vienen en una amplia variedad de capacidades, de 41 a 492 cm³ (2.5 a 30.0 pulgadas cúbicas), y densidades de cultivo de 270 a 1,108 celdas/m² (25 a 103 por pie cuadrado). Es meritorio hacer notar que los clorofluorcarbonos, contaminantes del ambiente, no son usados en la manufactura de los bloques de poliestireno expandido. Los Styroblocks® son una rama específica de los bloques tipo Styrofoam blocks, y el término no debe ser empleado genéricamente para todos los contenedores de poliestireno expandido.

Una característica importante de esta clase de bloques es su inherente valor de aislamiento, que protege los sistemas radicales de las plantas contra temperaturas extremas. Un problema de cultivo en este tipo de contenedor es que las raíces de algunas especies crecen dentro de los poros de las paredes de la cavidad, dificultando la extracción de las plantas, así como la limpieza y desinfección de los bloques. Un nuevo bloque de poliestireno expandido, denominado bloque con ventilación (Ventblock®), ofrece una serie de perforaciones de ventilación entre las cavidades, para promover la circulación de aire entre las plantas; esta característica ha probado ser efectiva para el control del hongo "moho gris" (*Botrytis cinerea*), el cual prospera en el ambiente húmedo de plantas cultivadas a elevada densidad (Peterson y Sutherland, 1989).

Los contenedores Multi-pot están compuestos de polietileno de alta densidad, y están disponibles en varios tamaños, aunque solamente las capacidades de 57 y 65 cm³ (3.5 y 4.0 pulgadas cúbicas) fueron utilizadas comúnmente en los Estados Unidos y

Canadá al momento de realizar la encuesta sobre contenedores (cuadro 2.1.1). Las macetas múltiples son uno de los contenedores más durables de los actualmente disponibles, y sus cavidades con paredes lisas facilitan la extracción de la planta; también se facilita la limpieza y la esterilización para ser usados en el siguiente cultivo.

El tipo Ecopot®, es otro contenedor en bloque que es una modificación del sistema de macetas de papel (paperpot). Este contenedor recuerda a las macetas de papel por la forma en que se compran y se utilizan, pero contiene tiras de plástico paralelas dentro de las celdas individuales. Estas tiras de plástico son removidas en una hilera a la vez al momento del empaque, produciendo el cepellón de la planta. Para viveros que ya poseen los sistemas de siembra y manejo para macetas de papel (paperpot), el Ecopot es una forma no cara para cambiar a un sistema que produzca plantas con cepellón (Sims, 1988).

Los contenedores en bloque tienen un patrón de uso regionalizado en Canadá: son más populares en las provincias donde fueron originalmente desarrollados. Los bloques de poliestireno expandido son más populares en Columbia Británica, y los Multi-pots están incrementando su popularidad en las Provincias Marítimas (Smyth y Ramsay, 1982) y en el sur de los Estados Unidos. En este país, los bloques de poliestireno expandido son uno de los contenedores más comunes en el noroeste (Landis, 1982), y aproximadamente 80% de las plantas cultivadas en contenedor, producidas en los estados de los Grandes Lagos, vienen de bloques de poliestireno expandido (Alm, 1982). Barnett (1982) reporta que las plantas de pinos del sur de los Estados Unidos, se cultivan bien y que también tienen una buena aptitud luego de ser plantadas, cuando son producidas en bloques de poliestireno expandido.

Contenedores miniatura. Una innovación reciente en la industria de contenedores para viveros forestales, tomada de la industria de trasplante de vegetales, es el uso de contenedores muy pequeños (mini contenedores) para producir plántulas jóvenes con un pequeño cepellón, para trasplantarlas a otros contenedores o para producción a raíz desnuda (Hee *et al.*, 1988; Klapprat, 1988). Las plántulas son producidas en contenedores rectangulares de plástico o de poliestireno expandido (fig. 2.1.21A), que contienen una rejilla de celdas pequeñas [4 a 18 cm³ (0.25 a 1.1 pulgadas cúbicas)], y producen elevadas densidades de cultivo [948 a 3,813 celdas/m² (88 a 354 por pie cuadrado)]. Después de un período de

crecimiento relativamente corto en invernadero, las plántulas son trasplantadas del contenedor a camas de crecimiento para producción de planta a raíz desnuda y pasar ahí un período de crecimiento adicional. Aunque varios de los diferentes sistemas de contenedores no están en el mercado, dos de los más comúnmente utilizados en viveros de Norteamérica son el sistema Mini Plug® (Hee *et al.*, 1988) y el sistema Techniculture® plug (Klapprat, 1988).

El objetivo del sistema de mini contenedores es producir una plántula totalmente extraíble, con un cepellón dimensionalmente estable, que pueda tolerar el trasplante en un período de crecimiento relativamente breve (3 a 4 meses) (fig. 2.1.21B). Ambos, el sistema Mini plug y el sistema Techniculture, son totalmente automatizados, desde la siembra de la semilla hasta el trasplante. Debido a que las plántulas se cultivan en estos contenedores durante un período de tiempo relativamente breve, los mini contenedores son radicalmente diferentes de los tipos típicos de contenedores: las celdas son muy pequeñas y están muy juntas, y carecen de costillas para prevenir el espiralamiento radical. En algunos sistemas, los mini contenedores son llevados al vivero para producción a raíz desnuda, donde son utilizados como depósito para alimentar de plántulas al trasplantador; mientras que en otros viveros extraen la plántula antes del trasplante.

El futuro de los sistemas de contenedores miniatura parece promisorio. Estos pueden ser usados para acortar la rotación en especies de lento crecimiento, o con especies que no pueden crecer bien cuando son producidas a raíz desnuda. Ya que todos los trasplantes son relativamente más caros que las plántulas, en la actualidad están siendo impulsados los análisis económicos y las pruebas de plantación con plantas producidas previo trasplante de mini contenedor. Una serie de pruebas con el sistema mini cepellón mostró que los trasplantes de contenedor son tan buenos o mejores en aptitud que la planta tradicional producida a raíz desnuda, sobre una variedad de sitios costeros en el Pacífico Noroeste (Tanaka *et al.*, 1988).



A



B

Figura 2.1.21 Los contenedores miniatura son usados para cultivar plántulas pequeñas (A), las cuales, con solo unos pocos meses de edad, son trasplantadas luego a camas para producción a raíz desnuda. La plántula de *Picea* (spruce) en (B) había sido trasplantada sólo por unas pocas semanas, y ya muestra nuevas raíces creciendo fuera del pequeño cepellón.



Ha existido una amplia preocupación en relación a la forma de la raíz en las plantas producidas en contenedor y los problemas potenciales con raíces enredadas en cepellones después de la plantación. Burdett *et al.* (1986) relatan el problema de inestabilidad física (volcamiento) presentado en plantas de *Pinus contorta* (lodgepole pine) plantadas en Columbia Británica, por la pobre expansión lateral de raíces posterior a la plantación, y discuten tratamientos de poda de raíz de tipo químico y mecánico para superar este problema. Carlson *et al.* (1980) estudiaron la morfología del sistema radical de *Picea sitchensis* (Sitka spruce) que había sido sembrada directamente, o cultivada como planta a raíz desnuda o en contenedor, y concluyeron que la deformación de la raíz que fue ocasionada por la plantación, probablemente no fue lo suficientemente severa para causar inestabilidad o retardo en el crecimiento. Obviamente, las características de enraizamiento de la especie, el tipo de herramienta de plantación, y las características del suelo en el sitio de plantación, tienen un efecto significativo sobre la forma de la raíz de la planta después de la plantación. Sin embargo, los viveristas que usan contenedores, y los dasónomos que reforestan, están interesados en cualquier tratamiento cultural que pueda generar un mejor sistema de raíces en las plantas producidas en contenedor.

Una opción es recubrir las paredes interiores de los contenedores con productos químicos que inhiban el crecimiento radical, como es el carbonato cúprico (CuCO_3), o el ácido indolbutírico (AIB), en mezcla con un material como la pintura de látex (Pellet *et al.*, 1980; McDonald *et al.*, 1984a). Los productos químicos para podar la raíz deben inhibir el crecimiento y mantenerse en la zona de aplicación durante toda la etapa de cultivo, sin mezclarse dentro del sustrato, ni resultar fitotóxicos a la planta. Estos productos químicos tampoco deben ser tóxicos para el personal del vivero ni para el ambiente (Hulten, 1982). Tinus (1987) probó una variedad de metales pesados incluyendo cobre, plata, cobalto, níquel, plomo, zinc y antimonio, y encontró que solamente el cobre pudo detener el crecimiento de la raíz sin dañar a la planta. El CuCO_3 ha sido el producto químico más popular para la poda de raíces, empleado en pruebas posteriores, y las dosis de aplicación recomendadas oscilan de 60 a 200 g/litro (2.0 a 6.7 onzas por galón), dependiendo de la especie y el tipo de contenedor (Wenny *et al.*, 1988).

Los productos químicos para la poda de raíz pueden ser asperjados dentro de las cavidades del contenedor, o bien sumergir éste en el producto. Entonces, los bloques son llenados y se realiza la siembra en la forma usual, pero cuando las raíces de la planta hacen contacto con esta barrera química, cesan su crecimiento y se suberizan (fig. 2.1.22). De esta forma, se generan nuevas raíces laterales, las cuales eventualmente son podadas en cuanto alcanzan la pared tratada del contenedor, con lo que resulta un sistema radical más fibroso y ramificado, el cual está uniformemente distribuido a través del contenedor. Estas puntas de raíz podadas reanudan su crecimiento normal cuando la planta es extraída del contenedor, creándose un sistema radical más natural y ramificado después de la plantación (Burdett *et al.*, 1983; McDonald *et al.*, 1984a).

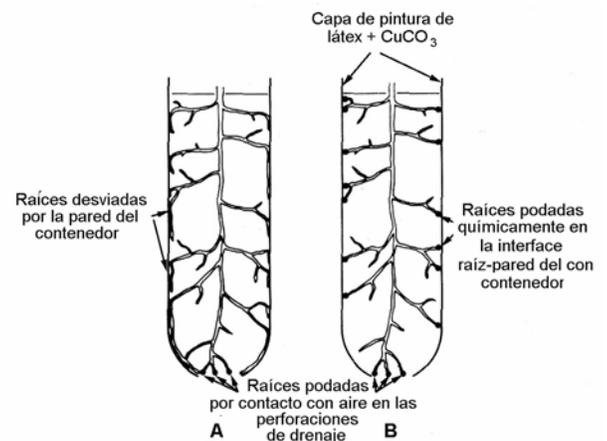


Figura 2.1.22 La poda química de raíces involucra el tratamiento de la pared interior del contenedor con un producto químico inhibitor del crecimiento, como es el carbonato cúprico (CuCO_3). En un contenedor no tratado (A), las raíces son desviadas hacia abajo hasta que son podadas por entrar en contacto con el aire en la perforación de drenaje. La barrera química (B) causa la poda química de raíces laterales en la pared del contenedor. Estas raíces laterales podadas se suberizan, pero pueden continuar creciendo después de la plantación, resultando un sistema radical más natural y más bien distribuido (Ruehle, 1985).

Burdett y Martin (1982), trataron el interior de bloques de poliestireno expandido con una pintura de látex conteniendo CuCO_3 y cultivaron 10 especies distintas de coníferas en ellos (fig. 2.1.23). Estos autores refieren que el producto podador de raíz previno el espiralamiento radical, pero sus resultados variaron con la especie, el volumen del contenedor, el tipo de sustrato, y la concentración del producto en las paredes recubiertas. McDonald *et al.* (1984a) encontraron que tanto el CuCO_3

como el AIB, detuvieron el crecimiento radical de plantas de *Pinus ponderosa* (ponderosa pine) cuando se aplicaron en las paredes de los contenedores, pero también hallaron que el tratamiento a base de cobre resultó más eficiente. Romero *et al.* (1986) reportaron que el tratamiento con CuCO_3 incrementó significativamente el número de raíces laterales y la longitud tanto del tallo como de la raíz en plantas de *Pinus caribaea* (Caribbean pine) producidas en contenedor. Las plantas de *Fraxinus pennsylvanica* (green ash) y de *Quercus spp.* (red oak) cultivadas en contenedores tratados con CuCO_3 , resultaron de mayor tamaño que las plantas testigo, y presentaron además sistemas radicales más fibrosos y con distribución más regular (Arnold y Struve, 1989). Dong y Burdett (1986) refieren que contenedores de papel con cubierta de polietileno y tratados con sulfito cúprico (CuS) previnieron el espiralamiento de raíz, y que también detuvieron el crecimiento radical entre contenedores de papel sin la cubierta de polietileno. La distribución de la raíz dentro del contenedor ha sido otro problema frecuente, con la mayoría de puntas de raíces nuevas formándose en la perforación de drenaje al fondo del contenedor. Los contenedores tratados con cobre producen más raíces nuevas en las zonas media y superior del contenedor, lo que

promueve una mejor estabilidad de la planta después de que es plantada (Wenny *et al.*, 1988).

La poda química de raíces también provee otros beneficios a las plantas que son producidas en contenedor. Romero *et al.* (1986) analizaron el desarrollo de la raíz de plantas de *Pinus caribaea* (caribbean pine) tratadas con CuCO_3 , y encontraron que las plantas tratadas presentaron más raíces laterales, así como diámetros del tallo significativamente mayores en comparación con las plantas testigo. Estos autores también notaron que el tratamiento con CuCO_3 originó un cambio en la morfología de la raíz: las plantas tratadas poseían sistemas radicales más finos y fibrosos que los de las plantas no tratadas. Ruehle (1985) estudió el efecto del CuCO_3 en la morfología de la raíz de especies de pinos del sur de los Estados Unidos, y halló pocas diferencias significativas en las dimensiones del tallo o raíz, peso, o formación ectomicorrízica. McDonald *et al.* (1984b), encontraron que la combinación del tratamiento con CuCO_3 y la inoculación con hongos ectomicorrízicos, incrementó el número de raíces cortas así como las formaciones ectomicorrízicas en *Pinus contorta* (lodgepole pine) y *Pinus ponderosa* (ponderosa pine). Donald (1986) reporta que las sales de cobre también previenen el crecimiento de briofitas en los contenedores.

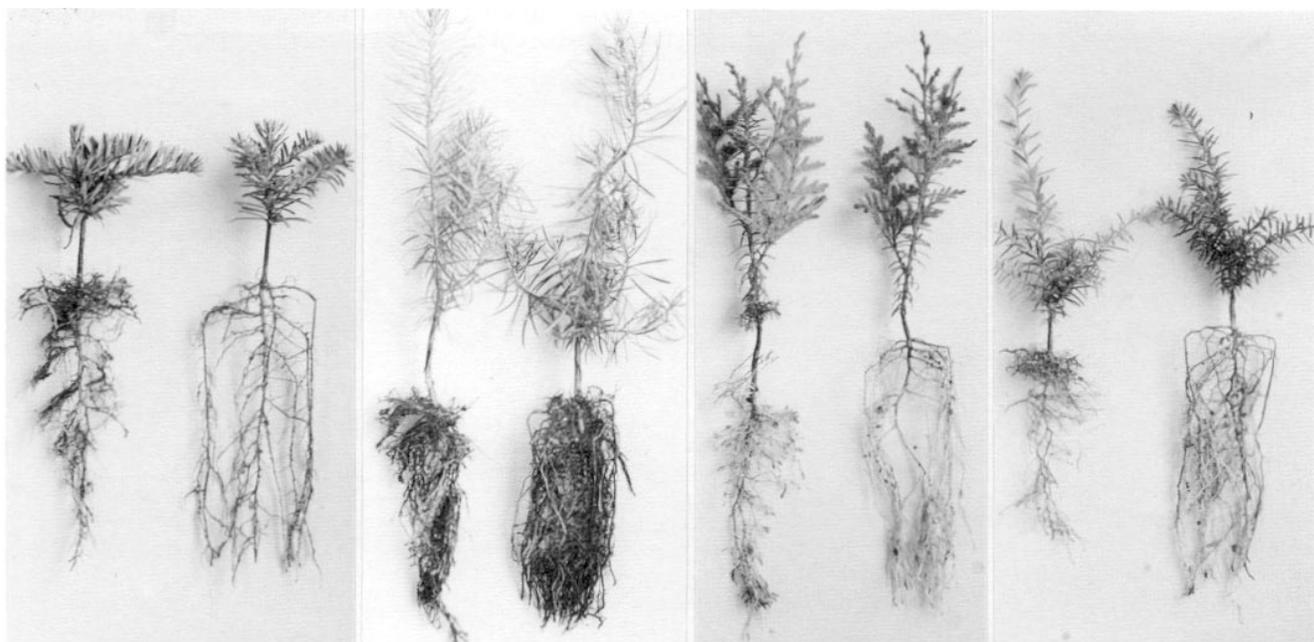


Figura 2.1.23 Las plantas podadas químicamente (izquierda de cada par) de cuatro coníferas diferentes, producen un sistema radical más fibroso y mucho más balanceado después de la plantación, en comparación con el de las plantas producidas en contenedores no tratados (derecha de cada par) (de izquierda a derecha: *Abies amabilis* (Pacific silver fir), *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir), *Thuja plicata* (western redcedar), *Tsuga heterophylla* (western hemlock) (cortesía de Burdett y Martin, 1982).

Los beneficios reales de la poda química de raíz deben ocurrir después de la plantación, y los resultados generalmente han sido favorables. Plantas de *Fraxinus pennsylvanica* (green ash) y de *Quercus spp.*, transplantadas de contenedores tratados con CuCO_3 tuvieron mayor potencial de crecimiento radical en comparación con los testigos; Arnold y Struve (1989) atribuyeron esto al mayor número de puntas de raíces producido después de la poda química de raíz. McDonald *et al.* (1984a) plantaron en vermiculita plantas de *Pinus ponderosa* (ponderosa pine) tratadas con CuCO_3 , encontrando que las plantas tratadas tuvieron 3 veces más emisión de raíces y que fueron significativamente más altas que las plantas no tratadas. Burdett *et al.* (1983), estudiaron el desarrollo posterior a la plantación de la raíz de plantas de *Pinus contorta* (lodgepole pine) podadas químicamente, encontrando que las plantas tratadas tuvieron un crecimiento radical más uniforme (fig. 2.1.24) y un significativo mejor crecimiento en altura que los testigos. No obstante, plantas de tres coníferas del oeste de los Estados Unidos, examinadas a 3 años de plantadas, no mostraron incremento significativo alguno en sobrevivencia o en crecimiento, aún cuando las plantas tenían más raíces nuevas en las zonas superiores del suelo (Wenny, 1988). Los beneficios prácticos de la poda química de raíces, solamente

pueden ser obvios cuando las plantas establecidas en campo están expuestas a factores de tensión físicos o ambientales.

Aunque el uso de contenedores tratados con cobre no ha sido establecido operativamente en Norteamérica, la poda química de raíces actualmente está comenzando a ser usada en Sudáfrica (Donald, 1986); los contenedores son sumergidos en una suspensión de polímeros de iones Cu^{2+} , llamada "Styrodip", previamente al llenado y a la siembra (Nelson, 1989). La compañía "Beaver Plastics®", recientemente ha introducido el producto "Trimroot Styroplug®," que utiliza un sistema de "cubierta diferencial" (fig. 2.1.25) para controlar y podar las raíces dentro de un contenedor de poliestireno expandido (Styrofoam container); no obstante, la compañía hace hincapié en que se requieren pruebas a escala operativa para validar este nuevo sistema. Otra opción es estimular la poda natural de raíces con aire en la periferia del cepellón, a través del diseño de un contenedor con cortes (aperturas) a intervalos regulares sobre los lados. El contenedor Rootmaker® incorpora una serie de ranuras de drenaje alrededor del perímetro de cada cavidad, pero en la actualidad sólo está disponible en un tamaño único, relativamente grande (Whitcomb, 1988).



Figura 2.1.24 Cuatro años después de la plantación, las plantas de *Pinus contorta* (lodgepole pine) no tratadas (izquierda) tenían menos y más pequeñas raíces que las plantas químicamente podadas de la misma especie (derecha) (cortesía de Burdett *et al.*, 1983).

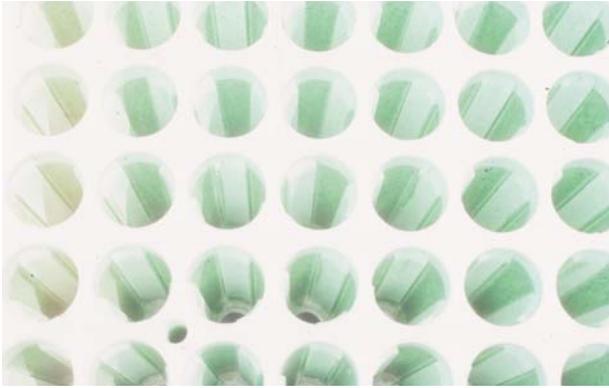


Figura 2.1.25 Características de las cavidades del contenedor Trimroot Styroplug®, que ha sido tratado con CuCO_3 para promover la poda química de raíces.



2.1.5. Conclusiones y Recomendaciones

Como se evidenció por la gran variedad de contenedores que hoy día son usados en los viveros forestales, se pueden producir plantas de calidad aceptable en muchos tipos diferentes de aquellos. No existe un contenedor que presente todas las características diversas posibles, entonces, ningún tipo en particular es mejor para todos los viveros y sitios de plantación. Al final, la elección de un sistema de contenedores depende de los objetivos y características operativas de cultivo de cada vivero (Landis, 1982).



- Allison, C.J., Jr. 1974. Design considerations for the RL single cell system. In: Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council, 1974:233-236.
- Alm, A.A. 1982. The status of container planting programs in the Northern United States. 2. Lake States-Minnesota, Wisconsin, Michigan. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, On. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre:63-65.
- Alm, A.; Olsen, D.; Lacky, M. 1982. Comparisons after planting of jack pine grown for varying time periods in different container systems. Minn. For Res. Notes 279. St. Paul, MN: University of Minnesota College of Forestry. 4 p.
- Armson, K. A.; Sadreika, V. 1979. Forest tree nursery soil management and related practices. Toronto, ON: Ontario Ministry of Natural Resources. 179 p.
- Barnett, J.P. 1982. Selecting containers for southern pine seedling production. In: Guldin, R.W.; Barnett, J.P., eds. Proceedings, Southern Containerized Forest Tree Seedling Conference; 1981 August 25-27; Savannah, GA. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 15-24.
- Barnett, J.P.; Brissette, J.C. 1971. Producing southern pine seedlings in containers. Gen. Tech. Rep. SO-59. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 71 p.
- Barnett, J.P.; McGilvray, J.M. 1981. Container planting systems for the South. Res. Pap. SO-167. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 18 P.
- Barney, C.W. 1947. A study of some factors affecting root growth of loblolly pine, *Pinus taeda*. PhD Dissertation. Durham, NC: Duke University School of Forestry.
- Barteaux, M.K.; Kreiberg, N.H. 1982. The status of container planting programs in Canada. 7. New Brunswick. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, Ontario. COJFRC Symp. Proc. O-P-10- Sault Ste. Marie, N: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre:45-48.
- Boudoux, M.E. 1970. Effect of tube dimension on root density of seedlings. Canadian Department of Fisheries and Forestry Bi-monthly Research Note 26(3):29-30.
- Brown, W.L. 1982. Temperature in container affects growth of ornamentals. Louisiana Agriculture 26(1):8-9.
- Budy, J.D.; Miller, E.L. 1984. Survival, growth, and root form of containerized jeffrey pines. In: Murphy, P.M., comp. The challenge of producing native plants for the intermountain area. Proceedings, Intermountain Nurseryman's Association 1983 Conference; 1983 August 8-11; Las Vegas, NV. Gen. Tech. Rep. INT-168. Ogden, UT: USDA Forest Service, Intermountain Forest and Range Experiment Station: 82-88.
- Burdett, A.N. 1979. Juvenile instability in planted pines. Irish Forestry 36(1):36-47.
- Burdett, A.N.; Martin, P.A.F. 1982. Chemical root pruning of coniferous seedlings. HortScience 17(4):622-624.
- Burdett, A.N.; Simpson, D.G.; Thompson, C.F. 1983. Root development and plantation establishment success. Plant and Soil 71:103-110.
- Burdett, A.N.; Coates, H.; Eremko, R.; Martin, P.A.F. 1986. Toppling in British Columbia's lodgepole pine plantations: significance, cause and prevention. Forestry Chronicle 62(5):433-439.
- Carlson, W.C.; Preisig, C.L.; Promnitz, L.C. 1980. Comparative root system morphologies of seeded-in-place, bareroot, and container-cultured plug Sitka spruce seedlings after outplanting. Canadian Journal of Forest Research 10:250-256.

- Carlson, L.W.; Edean, F. 1976. The effect of rooting volume and container configuration on the early growth of white spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 6:221-224.
- Carlson, L.W. 1983. Guidelines for rearing containerized conifer seedlings in the Prairie Provinces. Info. Rep. NOR-X-214E. Edmonton, AB: Canadian Forestry Service, Northern Forest Research Centre. 64 p.
- Dirmarsen, S.C.; Alm, A.A. 1979. Paperpot biodegradability experience in Minnesota. *Tree Planters' Notes* 30(1):20-21.
- Donald, D.G.M. 1986. South African nursery practice; the state of the art. *South African Forestry Journal* 139:36-47.
- Dong, H.; Burdett, A.N. 1986. Chemical root pruning of Chinese pine seedlings raised in cupric sulfide impregnated paper containers. *New Forests* 1:67-73.
- Edwards, I.K.; Huber, R.F. 1982. Contrasting approaches to containerized seedling production. 2. The prairie provinces. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. *Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium*; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 123-127.
- Edean, F.; Carlson, L.W. 1975. The effect of rooting volume on the early growth of lodgepole pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 5:55-60.
- Furuta, T. 1978. *Environmental plant production and marketing*. Arcadia, CA: Cox Publishing Co. 232 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-57E. Sainte-Foy, PQ: Canadian Forestry Service, Laurentian Forest Research Centre. 14 p.
- Hatheway, H. 1988. "Jiffy" pellets are growing challenge to paperpots. *Silviculture Magazine* 3(4):18-21.
- Hee, S.M.; Stevens, T.S.; Walch, D.C. 1988. Production aspects of mini-plug transplants. In: Landis, T.D., tech. coord. *Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations*; 1988 August 8-11; Vernon, BC. Gen. Tech. Rep. RM-167. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experimental Station: 168-171.
- Hocking, D.; Mitchell, D.L. 1974. The influences of rooting volume: seedling spacing and substratum density on greenhouse growth of lodgepole pine, white spruce, and Douglas-fir grown in extruded peat cylinders. *Canadian Journal of Forest Research* 5:440-451.
- Hoedemaker, E. 1974. The Japanese paperpot system. In: Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E. *Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium*; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Denver: Great Plains Agricultural Council: 214-216.
- Hulten, H. 1982. Chemically controlled root formation. In: Hulten, H., ed. *Root deformation of forest tree seedlings. Proceedings, a nordic symposium*; 1981 January 21-22; Garpenberg, Sweden. Rep. No. 11. Garpenberg, Sweden: The Swedish University of Agricultural Sciences, Department of forest Yield research: 95-98.
- Kelly, G. 1982. The status of container planting programs in Canada. 9. Prince Edward Island. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. *Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium*; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 51-54.
- Kinghorn, J.M. 1974. Principles and concepts in container planting. In: Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E., ed. *Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium*; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council: 8-18.
- Klapprat, R.A. 1988. Greenhouse transplants for bareroot stock production. In: Landis, T.D., tech. coord. *Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations*; 1988 August 8-11; Vernon BC. Gen. Tech. Rep. RM-167. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 165-167.

- Landis, T.D. 1982. The status of container planting programs in the Northern United States. 3. Northwestern United States. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 67-70.
- Liegel, L.H.; Venator, C.R. 1987. A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America. Gen. Tech. Rep. SO-67. New Orleans, LA:USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 156 p.
- Macdonald, B. 1986. Practical woody plant propagation for nursery growers. Portland, OR:Timber Press. 669 p.
- Matkin, O.A.; Chandler, P.A.; Baker, K.F. 1957. Components and development of mixes. In:Baker, K.F., ed. The U.C. system for producing healthy containergrown plants. Ext. Serv. Man. 23. Parramatta, Australia: The Australian Nurserymen's Association [first printed by the University of California, Division of Agricultural Experiment Station]:86-107.
- Matthews, G. 1983. Seedling production for Crown Lands in British Columbia: guidelines for commercial container nurseries. Victoria, BC:Ministry of Forests Silviculture Branch. 45 p.
- McDonald, S.E.; Tinus, R.W.; Reid, C.P.P. 1984a. Modification of ponderosa pine root systems in containers. *Journal of Environmental Horticulture* 2(1):1-5.
- McDonald, S.E.; Tinus, R.W.; Reid, C.P.P.; Grossnickle, S.C. 1984b. Effect of CuCO₃ 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.
- Mitchell, D.L.; Hocking, D.; Kay, W.C. 1972. Extruded peat cylinders: their physical characteristics as affecting tree seedling growth and greenhouse drought tolerance. *Canadian Journal of Forest Research* 2:479-486.
- Nelson, W.R. 1990. Personal Communication. Pietermaritzburg, South Africa: Starke Ayres.
- Pellett, H.; Litzow, M.; Mainquist, L. 1980. Use of metal compounds as root pruning agents. *HortScience* 15:308-309.
- Peterson, M.; Sutherland, J.R. 1989. Grey mould control by seedling canopy humidity reduction through under-bench ventilation and Styroblock aeration. FRDA Rep. 077. Victoria, BC: Forestry Canada, Pacific Forestry Centre.
- Rasanen, P.K. 1982. Containerized forest tree seedling production and development prospects in Finland and Scandinavia. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre:9-17.
- Reese, K.H. 1974. The Ontario Tube. In:Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council:211-213.
- Ritchie, G.A. 1984. Root growth potential:principles, procedures, and predictive ability. In:Duryea, M.L. Proceedings, Evaluating seedling quality:principles, procedures, and predictive abilities of major tests. 1984 October 16-18; Corvallis, OR. Corvallis, OR:Oregon State University, Forest Research Laboratory: 93-105.
- Romero, A.E.; Ryder, J.; Fisher, J.T.; Mexal, J.G. 1986. Root system modification of container stock for arid land plantings, *Forest Ecology and Management* 16:281-290.
- Ruehle, J.L. 1985. The effect of cupric carbonate on root morphology of containerized mycorrhizal pine seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 15:586-592.
- 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. 16 p.
- Sharma, R.D. 1987. Some observations on coiling of roots in nursery raised plants. *Journal of Tropical Forestry* 3(3):207-212.
- Simpson, D. 1988. Controlling cold hardiness and seedling size in southern interior container nurseries. FRDA Res. Memo 014. Vernon, BC:British Columbia Forest Service, Kalamalka Research Station. 1 p.

- Sims, J. 1988. Shifting from paperpots to ecopots. *Silviculture Magazine* 3(2):10-12.
- Sjoberg, N.E. 1974. The Styroblock container system. In: Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E., eds. proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council; 217-228.
- Smyth, J.H.; Ramsay, K.L. 1982. Statistical summary of containerized seedling and bare-root programs in Canada: 1980 situation and projections for 1983. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 57-58.
- Spencer, H.A. 1974. To "engineer" the container. In: Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E., eds. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council: 229-232.
- Stauder, A.F., III; Lowe, W.J. 1984. Container density does not affect baldcypress growth. *Tree Planters' Notes* 35(4):20-21.
- Strachan, M.D. 1974. Tar paper containers. In: Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E., eds. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council: 209-210.
- Sutherland, D.C.; Day, R.J. 1988. Container volume affects survival and growth of white spruce, black spruce, and jack pine seedlings: a literature review. *Northern Journal of Applied Forestry* 5(3):185-189.
- Tanaka, Y.; Carrier, B.; Dobkowski, A.; Figueroa, P.; Meade, R. 1988. Field performance of mini-plug transplants. In: Landis, T. D., tech. coord. Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations; 1988 August 8-11; Vernon, BC. Gen. Tech. Rep. RM-167. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 172-181.
- Tanaka, Y.; Timmis, R. 1974. Effect of container density on growth and cold hardiness of Douglas-fir seedlings. In: Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W. E., eds. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council: 181-186.
- Timmis, R.; Tanaka, Y. 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.; McDonald, S.E. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. Gen. Tech. Rep. RM-60. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 256 p.
- Tinus, R.W. 1974. Large trees for the Rockies and Plains. In: Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E., eds. proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council: 112-118.
- Twetman, J. 1988. Production and use of containerized seedlings in Sweden. *Irish Forestry* 45(2):112-116.
- Van Eerden, E. 1982. The fundamentals of container seedling production. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedlings Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 83-90.
- Venator, C.R.; Liegel, L.H.; Barnett, J.P. 1985. Bareroot versus container production in pines in the American tropics. In: South, D.B., ed. Proceedings, International Symposium on Nursery Management Practices for the Southern Pines; 1985 August 4-9; Montgomery, Alabama. Auburn, AL: Auburn University, Alabama Agricultural Experiment Station: 72-82.
- Vinaya Rai, R.S.; Natarajan, N. 1987. Studies on nursery technology and planting density in *Casuarina equisetifolia*. *Van Vigyen* 25(1):10-15.

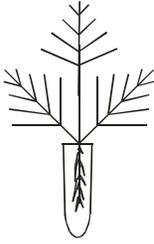
Walters, J. 1974. engineering for injection planting. In: Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E., eds. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council:241-243.

Wenny, D.L. 1988. Growth of chemically root-pruned seedlings in the greenhouse and the field. In: Landis, T.D., tech. coord. Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations; 1988 August 8-11; Vernon, BC. Gen. Tech. Rep. RM-167. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station:32-37.

Wenny, D.L.; Liu, Y.; Dumroese, R.K.; Osborne, H.L. 1988. First Year Field growth of chemically root pruned containerized seedlings. *New Forests* 2(2):111-118.

Whitcomb, C.E. 1988. Plant production in containers. Stillwater, OK: Lacebark Publications:633 p.

Wilson, P.J. 1986. Containers for tree nurseries in developing countries. *Commonwealth Forestry Review* 65(3):233-240.



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Dos Contenedores y Medios de Crecimiento

Capítulo 2 Medios de Crecimiento

Thomas D. Landis, Especialista en Viveros, Región Oeste,
Departamento de Agricultura de los Estados Unidos,
Dasonomía Estatal y Privada, Portland, Oregon, E.U.A.



Landis, T. D. 1990. Containers: Types and Functions. In
Landis, T. D.; Tinus, R. W.; McDonald, S. E.; Barnett, J. P.
The Container Tree Nursery Manual, Volume 2. Agric.
Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of
Agriculture, Forest Service: 41-89.

Contenido

	Página
2.2.1 Introducción	44
2.2.1.1 Terminología	44
2.2.1.2 La necesidad de un "suelo artificial"	44
Volumen restringido	44
Tabla de agua	44
Desbalance de microorganismos del suelo	44
Carencia de estructura del suelo	44
2.2.1.3 Historia de los medios de crecimiento artificiales	44
2.2.2 Funciones de un Medio de Crecimiento	46
2.2.2.1 Agua	46
2.2.2.2 Aire	46
2.2.2.3 Nutrientes minerales	46
2.2.2.4 Soporte físico	46
2.2.3 Características de un Medio de Crecimiento Ideal	47
2.2.3.1 Características relacionadas con el crecimiento de la planta	47
pH ligeramente ácido	47
Alta capacidad de intercambio catiónico	49
Baja fertilidad inherente	50
Apropiado balance del tamaño de los poros	52
Libre de plagas y enfermedades	57
2.2.3.2 Características que afectan las operaciones en vivero	57
Costo razonable y disponibilidad	57
Alto grado de uniformidad y ser reproducibles	58
Baja densidad	58
Estabilidad dimensional	59
Durabilidad y facilidad de almacenamiento	59
Facilidad de mezclado y de llenado de los contenedores	59
Facilidad de rehumedecimiento	59
Formación de un cepellón firme	60
2.2.4 Componentes Utilizados en la Formulación de Medios de Crecimiento para Especies Forestales	61
2.2.4.1 Componentes orgánicos	61
Función del componente orgánico	61
Turba de musgo	61
Aserrín, corteza y otros materiales orgánicos composteados	65
2.2.4.2 Componentes inorgánicos	66
Función del componente inorgánico	66
Vermiculita	67
Perlita	68
Otros materiales inorgánicos	69
2.2.5 Seleccionando un Medio de Crecimiento	71
2.2.5.1 Interacciones entre el medio de crecimiento y las prácticas culturales	71
Prácticas de riego y fertilización	71
Tipo de contenedor	72
Etapa de cultivo	72
2.2.5.2 Consideraciones prácticas	72
Costo y disponibilidad	72
Aptitud de la planta	73
2.2.5.3 Medios de crecimiento comerciales	74
2.2.5.4 Medios de crecimiento hechizos	75
2.2.5.5 Comparación de medios de crecimiento comerciales y sustratos hechizos	75
Control de calidad	75
Capacidad para "afinar" el sustrato	75
Tiempo y trabajo	75
Incorporación de fertilizantes y otros productos correctores	76
Mezclado uniforme	76

Contenido

	Página
2.2.6 Mezclado de Sustratos Hechizos - Procedimientos y Consideraciones	77
2.2.6.1 Equipo y procedimientos	77
Mezclado de lotes pequeños	77
Mezclado mecanizado	77
2.2.6.2 Incorporación de fertilizantes y de otros materiales	78
Piedra caliza	78
Fertilizantes	79
Humectantes	79
Súper absorbentes	79
Inóculo micorrízico	80
2.2.6.3 Pasteurización o esterilización	80
2.2.6.4 Problemas de sobremezclado y de compactación	81
2.2.7 La Importancia de una Compactación Adecuada del Medio de Crecimiento	83
2.2.8 Conclusiones y Recomendaciones	85
2.2.9 Literatura Citada	86



2.2.1 Introducción

2.2.1.1 Terminología

Muchos diferentes términos han sido empleados para denominar el **suelo artificial** usado en el cultivo con contenedores en viveros, incluyendo **suelo en contenedor**, **mezcla en contenedor**, **mezcla de suelo**, **composta**, y **medio de crecimiento** (así como sustrato). Es inadecuado el uso del término **suelo** cuando uno se refiere al empleo de tales materiales, ya que el suelo rara vez es un componente del medio de crecimiento en los viveros que usan contenedores en los Estados Unidos y Canadá. El término **mezcla** algunas veces es utilizado pues muchos de esos materiales están compuestos de diversos materiales, aunque algunos viveros forestales utilicen solamente un material (por ejemplo turba de musgo) como sustrato. Con el propósito de evitar confusión y ser consistentes, los términos **medio de crecimiento o sustrato**, serán empleados a lo largo de este manual, ya que son los más apropiados y que más difícilmente originan confusión. La solución acuosa absorbida por, y que rodea a las partículas del medio de crecimiento será denominada **solución del medio de crecimiento o solución del medio**.

2.2.1.2 La necesidad de un "suelo artificial"

Cuando la gente inicialmente comenzó a cultivar plantas en contenedor, utilizó suelo de campo ordinario, pero pronto encontró que tal práctica daba lugar a problemas de cultivo. El simple hecho de poner suelo en un contenedor, produce condiciones hortícolas que son diferentes de aquellas que se dan con suelo de campo no restringido a un contenedor.

Volumen restringido. Las plantas que crecen en contenedor tienen acceso a una cantidad muy limitada de sustrato, en comparación con las plantas que son cultivadas en campo (Swanson, 1989). Las plantas de especies forestales, en particular, son cultivadas en contenedores de muy poco volumen, con un intervalo de 40 a más de 700 cm³ (2.5 a 45 pulgadas cúbicas). Tan limitado volumen para la raíz, deriva en que las plantas tienen pocas reservas de agua disponible y de nutrientes, además de que la disponibilidad de tales recursos esenciales puede cambiar rápidamente (Van Eerden, 1974).

Tabla de agua. Por su naturaleza, los contenedores crean una tabla de agua porque este líquido no puede drenarse libremente del fondo del contenedor (Swanson, 1989). La capa de sustrato

saturado creada al fondo del contenedor tiene efectos marcados en las propiedades físicas y hortícolas del medio de crecimiento. (Ver capítulo 2, volumen cuatro de este manual).

Desbalance de microorganismos del suelo. Los suelos naturales contienen millones de microorganismos, algunos benéficos y algunos fitopatógenos. Estos organismos existen en un estado natural de balance en el campo, pero cuando estos suelos son puestos en contenedor, en el favorable ambiente de cultivo de un invernadero, pueden desarrollarse muchos problemas. La elevada fertilidad y los regímenes de elevada humedad utilizados para promover un rápido crecimiento de la plántula, favorecen el desarrollo de organismos patógenos como es la "chupadera" ("damping-off"), pero pueden no favorecer el crecimiento de muchos hongos micorrízicos benéficos.

Carencia de estructura del suelo. La textura (tamaño de las partículas) y estructura (agregaciones de partículas), son dos propiedades físicas básicas del suelo que crean la porosidad. Aunque un medio de crecimiento determinado tiene textura, basada en el tamaño de varias partículas componentes, el concepto de estructura de suelo puede no ser aplicable a los sustratos artificiales, debido a que las partículas individuales de varios componentes pueden no formar agregados. Un programa de cultivo regular y los productos orgánicos correctores que los agricultores usan para mantener una estructura favorable en los suelos del campo, son obviamente imposibles en el cultivo en contenedores en vivero. Por tanto, las propiedades de textura de los componentes del medio de crecimiento, deben ser cuidadosamente seleccionadas y mezcladas para producir la mezcla correcta de porosidad, que pueda persistir a través del ciclo de cultivo.

2.2.1.3 Historia de los medios de crecimiento artificiales

A causa de los problemas con el suelo natural en los contenedores, los productores comenzaron a complementar al suelo con otros materiales para desarrollar una mezcla que pudiera ser adecuada para el cultivo en contenedor. La primera búsqueda sistemática para encontrar un medio de crecimiento uniforme y estandarizado, comenzó en Inglaterra en los años treinta, cuando el Instituto Hortícola John Innes desarrolló una composta basada en tierra de cultivo, complementada con

turba de musgo, arena y fertilizantes (Bunt, 1988). Al comienzo de los años cincuenta, fueron creados los primeros medios de crecimiento verdaderamente artificiales, en la Universidad de California; éstos constaban de varias proporciones de arena fina y turba de musgo, así como fertilizantes suplementarios (Matkin y Chandler, 1957). Las Mezclas Turba-Lite Cornell, predecesoras de los modernos medios de crecimiento, fueron desarrolladas en los años sesenta, en la Universidad de Cornell, usando varias combinaciones de turba de musgo, vermiculita y perlita (Mastalerz, 1977).



2.2.2 Funciones de un Medio de Crecimiento

Las plantas que están siendo cultivadas en contenedores, tienen ciertos requerimientos funcionales que pueden ser provistos por el medio de crecimiento (Mastalerz, 1977).

2.2.2.1 Agua

Las plantas requieren un continuo y gran aprovisionamiento de agua para el crecimiento y otros procesos fisiológicos, como es el enfriamiento a través de la transpiración, y esta agua debe ser provista por el sustrato. El agua líquida es retenida tanto externa como internamente por el medio de crecimiento hasta que es requerida por la planta: externamente, en los poros relativamente pequeños entre las partículas, e internamente, en el espacio interior de materiales porosos como la turba de musgo. Debido al volumen limitado de los contenedores pequeños, el medio de crecimiento debe poseer una elevada capacidad para almacenar agua, para proveerla a las plantas entre un riego y el siguiente.

2.2.2.2 Aire

Las raíces de las plantas consisten de tejidos vivos y gastan energía para el crecimiento y otros procesos fisiológicos, como la absorción de nutrientes minerales de la solución del medio. La energía para estos procesos fisiológicos es generada por la respiración aeróbica que requiere una cantidad establecida de oxígeno. El subproducto de esta respiración es el bióxido de carbono, que puede ser acumulado hasta niveles tóxicos si no es dispersado en la atmósfera. Por ello, el sustrato debe ser lo suficientemente poroso para facilitar un eficiente intercambio de oxígeno y bióxido de carbono. A causa de que el oxígeno se difunde a través del agua a solamente 1/10,000 de la velocidad a la que lo hace en el aire, este intercambio gaseoso debe tener lugar en los grandes poros llenos de aire del medio de crecimiento. Estos grandes poros están directamente relacionados con el tamaño de las partículas, su arreglo, y la compactación del medio de crecimiento.

2.2.2.3 Nutrientes minerales

Con excepción del carbono, hidrógeno y oxígeno, las plantas deben obtener todos los 13 nutrientes minerales esenciales de la solución del medio de crecimiento. Muchos nutrientes minerales, incluyendo la forma amoniacal del nitrógeno (NH_4^+), el potasio (K^+), el magnesio (Mg^{2+}) y el calcio

(Ca^{2+}), existen en la solución del medio de crecimiento como cationes eléctricamente cargados. Estos nutrientes iones se mantienen en la solución del medio hasta que las raíces de las plantas los toman y utilizan para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos o, a causa de su carga eléctrica positiva, comienzan a ser adsorbidos por los sitios cargados negativamente en ciertos tipos de partículas del sustrato. Esta oferta de nutrientes adsorbidos, que es medida por la **capacidad de intercambio catiónico** (CIC), proporciona un reservorio de nutrientes minerales para mantener el crecimiento de la planta, entre aplicaciones de fertilizante.

2.2.2.4 Soporte físico

La última función del medio de crecimiento es anclar a la planta en el contenedor y mantenerla en una posición vertical. Este soporte es una función de la densidad (peso relativo) y de la rigidez del sustrato. El peso es importante en el caso de los contenedores grandes e individuales (Maronek *et al.*, 1986), pero es intrascendente para los de volumen pequeño, en contenedores agregados, que son típicamente usados en viveros forestales. La rigidez de un medio de crecimiento está en función de la compresionabilidad y de la compactación de las partículas del medio de crecimiento, así como del tamaño del contenedor.



2.2.3 Características de un Medio de Crecimiento Ideal

No hay un único medio de crecimiento que pueda ser usado para todos los propósitos, pero Hartman y Kester (1983), James (1987) y Swanson (1989), proporcionan listas de sus propiedades hortícolas generales. Para el caso de viveros forestales que producen en contenedor, un medio de crecimiento bien formulado ha de poseer muchas de las siguientes propiedades, que pueden ser separadas en características culturales (aquellas que influyen el crecimiento de la planta) y, características operativas (aquellas que afectan las operaciones del vivero).

2.2.3.1 Características relacionadas con el crecimiento de la planta

Las características culturales de un medio de crecimiento, son las propiedades que afectan su capacidad para producir consistentemente cultivos de plantas saludables, bajo las prácticas de cultivo en un vivero forestal que produce en contenedor: pH ligeramente ácido, elevada capacidad de intercambio catiónico, baja fertilidad inherente, porosidad adecuada y una condición libre de plagas y enfermedades.

pH ligeramente ácido. El pH es la medida de la acidez o alcalinidad relativa de una sustancia, con base en una escala logarítmica de 0 a 14; los valores menores a 7.0 son ácidos y los valores superiores a 7.0 son alcalinos. Los materiales utilizados para formular medios de crecimiento difieren considerablemente en pH. Las turbas de musgo son por lo común naturalmente ácidas, dependiendo de la planta constituyente y de la calidad local del agua, mientras que la vermiculita puede tener un pH desde neutral (7.0), hasta medianamente alcalino (Bunt, 1988). Los intervalos de pH para los componentes de los principales 4 medios de crecimiento que se usan en viveros forestales, están listados en el cuadro 2.2.1. El pH final de un sustrato dependerá de la proporción de los ingredientes, su pH original, así como de las prácticas de cultivo posteriores, especialmente fertilización y riego. El agua de riego está generalmente cercana a la neutralidad, o es ligeramente alcalina, así que un medio de crecimiento normalmente ácido puede incrementar típicamente de 0.5 a 1.0 unidades de pH (esto es, hacerse más alcalino), durante la etapa de crecimiento (Gladon, 1988).

El principal efecto del pH en los suelos minerales, radica en su influencia en la disponibilidad de nutrientes minerales, especialmente

micronutrientes; varios nutrientes minerales pueden hacerse no disponibles o incluso tóxicos con valores extremos de pH. La comparación del efecto del pH en la disponibilidad de nutrientes minerales en suelos minerales y orgánicos (como son muchos medios de crecimiento), muestra que el máximo de disponibilidad para suelos orgánicos está una unidad entera por debajo (pH 5.5) de los suelos minerales (pH 6.5) (fig. 2.2.1). El control del pH es menos crítico en los viveros que utilizan contenedores, donde todos los nutrientes esenciales pueden ser proporcionados a través de la fertilización. Muchas plantas pueden crecer dentro de un intervalo de valores de pH relativamente amplio si los micronutrientes son provistos en la forma y proporción adecuadas (Bunt, 1988).

El pH también puede afectar el número y tipo de microorganismos del medio de crecimiento, incluyendo a los hongos fitopatógenos. Los hongos del género *Fusarium* son más virulentos en condiciones neutrales o de alcalinidad, y las pérdidas por la "chupadera" se incrementan con valores de pH superiores a 5.9 (Handreck y Black, 1984). Sin embargo, mucha de esta información se refiere a suelos naturales, y poco se sabe acerca del efecto del pH en la actividad fitopatógena en sustratos artificiales. Un estudio reciente sobre enfermedades de la raíz en plántulas de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir) cultivadas en contenedores, reveló que las pérdidas por afectación de hongos fueron más severas con pH de 4.0 (94%), que con un pH de 5.0 (10%), o con un pH de 6.0 (4%) (Husted, 1988).

Por tanto, sobre una base operativa, los viveristas forestales que producen en contenedor, deben tratar de mantener el pH de sus medios de crecimiento dentro del intervalo de 5.5, ligeramente ácido, a 6.5. (Ver capítulo 1 en el volumen cuatro de este manual para una discusión más detallada).

Cuadro 2.2.1 Características de varios componentes de medios de crecimiento

Componente del sustrato	Densidad en volumen seco (kg/m ³)	Intervalo de pH	Nutrientes minerales	Esterilidad	Capacidad de intercambio catiónico	
					Peso (meq/100g)	Volumen (meq/100m ³)
Turba de <i>Sphagnum</i>	96.1-128.2	3.5-4.0	Mínima	Variable*	180.0	16.6
Vermiculita	64.1-120.2	6.0-7.6	K-Ca-Mg	Sí	82.0	11.4
Perlita	72.1-112.1	6.0-8.0	Ninguno	Sí	3.5	0.6
Corteza de pino	128.2-448.6	3.3-6.0	Mínima	Variable*	52.6	15.3

*Algunas fuentes de turba han resultado favorables para hongos fitopatógenos, mientras otros tipos de turba del género *Sphagnum* y composta de corteza han demostrado contener organismos benéficos que pueden suprimir enfermedades eficientemente.

Fuente: adaptado de Biamonte (1982).

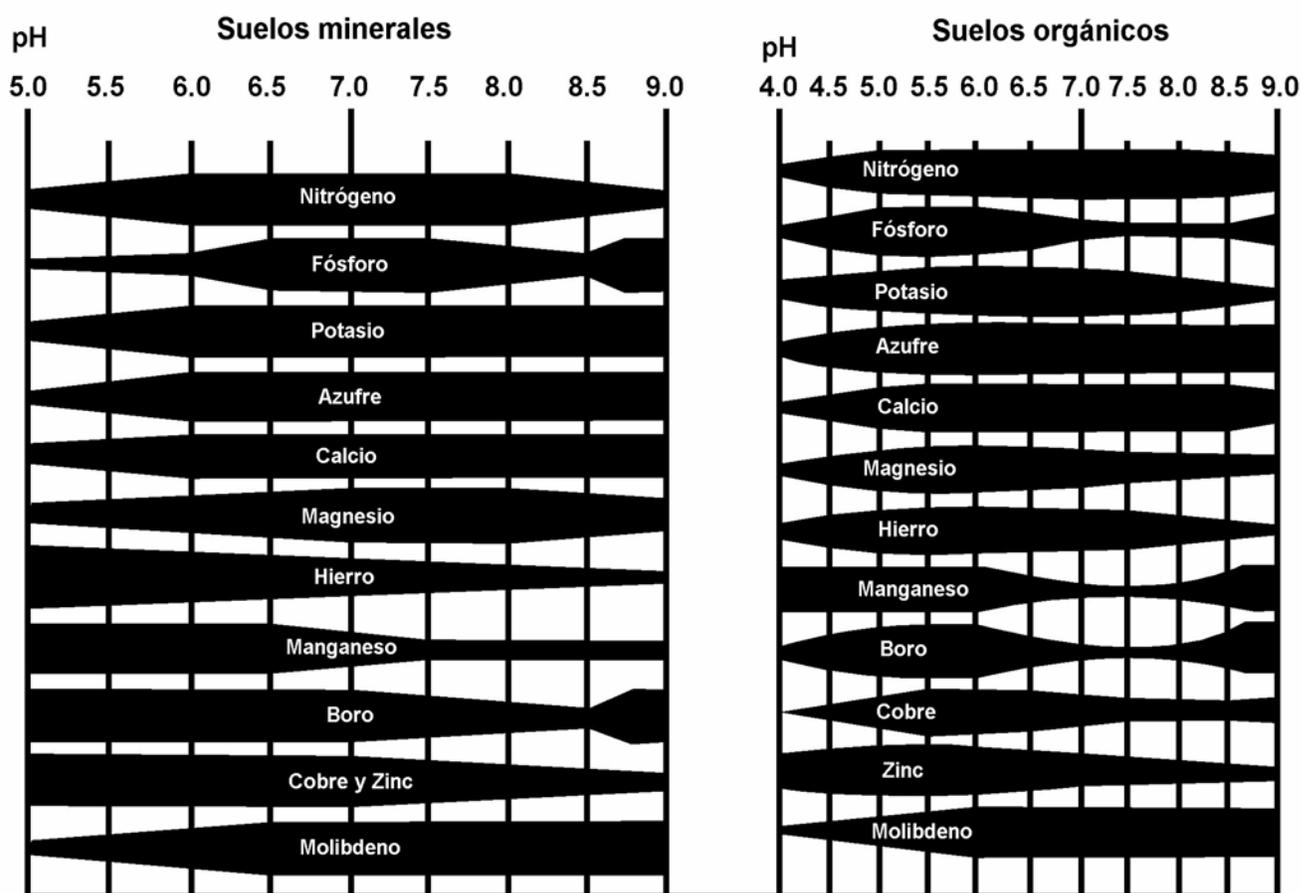


Figura 2.2.1 La disponibilidad relativa (tanto más gruesa la banda, más disponible el nutriente) de los varios nutrientes minerales, es distinta para suelos con base mineral, y para suelos con base orgánica. La máxima disponibilidad de nutrientes para suelos minerales se da con pH de 6.5, comparado con pH 5.5 para suelos orgánicos (Kuhns, 1985).

Alta capacidad de intercambio catiónico. La capacidad de un material para adsorber iones cargados positivamente, la **capacidad de intercambio catiónico (CIC)**, es uno de los factores más importantes que afectan la fertilidad del medio de crecimiento. La CIC puede ser definida como la suma de los cationes intercambiables, medidos en unidades llamadas **miliequivalentes (meq)**, que un material puede adsorber por unidad de peso o volumen (tanto mayor el número, mayor la capacidad para retener nutrientes). Los cationes primarios involucrados en la nutrición de la planta son: calcio (Ca^{2+}), magnesio (Mg^{2+}), potasio (K^+) y amonio (NH_4^+), enlistados en orden de retención decreciente en los sitios CIC (Bunt, 1988). Muchos iones micronutrientes son también adsorbidos, incluyendo el hierro (Fe^{2+} y Fe^{3+}), manganeso (Mn^{2+}), Zinc (Zn^{2+}) y cobre (Cu^{2+}). Estos nutrientes están almacenados en los sitios de CIC, en las partículas del medio de crecimiento, hasta que son tomados por el sistema radical (fig. 2.2.2).

La CIC ha sido medida tradicionalmente con base en el peso, para suelos naturales, pero la CIC por volumen es más significativa para el caso de sustratos artificiales, a causa de la relativamente baja densidad de muchos medios, y de los pequeños volúmenes de los contenedores. En realidad, las plantas crecen en volumen más que en peso del medio de crecimiento, y el volumen es actualmente la base generalmente aceptada, para la medición de la CIC con propósitos hortícolas (Bunt, 1988). Los valores de la CIC de algunos componentes típicos de medios de crecimiento es comparada en el cuadro 2.2.1. La vermiculita y la turba de musgo tienen los mayores valores de CIC, mientras que materiales inorgánicos como la perlita y la arena, tienen valores de CIC muy bajos. En una lista de valores de CIC para algunos de los medios de crecimiento estándares (cuadro 2.2.2) (Bunt, 1988), el medio turba-vermiculita tiene la mayor CIC por un margen considerable.

Los valores elevados de CIC son deseables para los medios de crecimiento, puesto que mantienen una reserva de fertilidad que abastece al crecimiento de la planta entre aplicaciones de fertilizantes. La CIC también puede retener cationes en el sustrato, previniendo su lixiviación, la cual puede ser muy significativa, dadas las intensas tasas de riego usadas en muchos viveros forestales que producen en contenedor. Ciertos componentes de los medios de crecimiento son mejores para resistir la lixiviación que otros, y hablando en términos generales, tanto mayor la CIC de un medio, mayor será su resistencia a la lixiviación. Comparando la cantidad de nutrientes

minerales recuperados, de dos tipos diferentes de medios de crecimiento en el mismo volumen de agua lixiviada, se muestra que el medio turba-vermiculita retiene más cationes nutrientes, que el medio turba-arena (fig. 2.2.3). Es interesante notar que el nitrógeno en forma de nitrato (NO_3^-) fue fuertemente lixiviado de ambos tipos de sustrato porque es un anión cargado negativamente, el cual es repelido por los sitios de intercambio catiónico cargados negativamente. Algunos materiales tienen la capacidad de retener una pequeña cantidad de aniones (una **capacidad de intercambio aniónico**). No obstante, aún no está claro si esto funciona para iones como el fosfato (PO_4^-). Black (1988) refiere que una cantidad considerablemente mayor de P soluble fue lixiviado de un medio de turba-vermiculita (1:1), en comparación con un suelo mineral. Aunque Bunt (1988) establece que el PO_4^- es lixiviado de muchos tipos de sustratos, demostró que aparentemente la vermiculita tiene una capacidad limitada para adsorber iones PO_4^- (fig. 2.2.3).

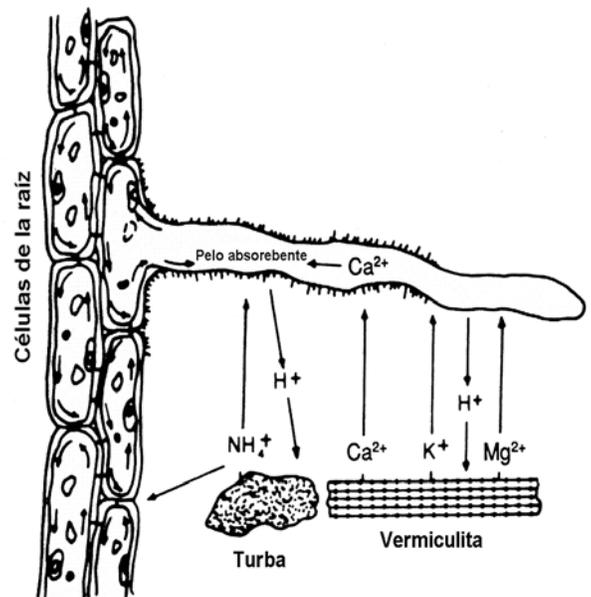


Figura 2.2.2 La capacidad de intercambio catiónico de las partículas del medio de crecimiento, provee una reserva fértil que suministra nutrientes minerales al sistema radical de la planta entre aplicaciones de fertilizante (adaptado de Davidson y Mecklenberg, 1981).

Cuadro 2.2.2 Capacidad de intercambio catiónico para algunos sustratos estándares.

Composición del medio de crecimiento	Capacidad de intercambio catiónico	
	Peso (meq/100 g)	Volumen (meq/100 cm ³)
Turba de musgo-vermiculita (1:1)	141	32
Turba de musgo-arena (1:1)	8	5
Turba de musgo-perlita (1:3)	11	1
Corteza de pino-perlita (2:1)	24	5

Fuente: Adaptado de Bunt (1988).

Un medio de crecimiento con una elevada CIC posee otras propiedades deseables que son de interés para el viverista que produce en contenedor. A causa de que aquél es capaz de adsorber selectivamente y liberar cationes de la solución del medio de crecimiento, tal medio puede amortiguar el efecto que los cambios repentinos en el pH o en la salinidad pueden tener, sobre el sistema radical de las plantas (Whitcomb, 1988).

Baja fertilidad inherente. Esta característica puede parecer incongruente a primera vista, pero un nivel inicialmente bajo de fertilidad, es considerado un atributo deseable para los medios de crecimiento empleados en viveros que producen en contenedor (Mastalerz, 1977; James, 1987). Manteniendo altos niveles de nutrientes minerales, especialmente nitrógeno, durante la germinación y la emergencia de las plántulas, no es recomendable porque aumenta la posibilidad de promover hongos del tipo "damping-off". Además, las plántulas de muchas especies forestales pueden no requerir fertilización alguna durante las primeras semanas de crecimiento (excepto quizá fósforo, el cual es proporcionado en mejor manera a través de un sistema de inyección de nutrientes). Carlson (1983) reportó que unas plántulas recientemente germinadas, tomaron pocos nutrientes minerales hasta las 2 semanas después de la germinación, y Barnett y Brissette (1986) hallaron que el megagametofito (endospermo) de la semilla, provee amplias cantidades de fósforo y otros minerales esenciales para el crecimiento de plántulas recientemente germinadas.

El principal beneficio de una baja fertilidad inherente, es que el viverista puede controlar completamente las concentraciones de nutrientes minerales en la solución del medio de crecimiento, a través de la fertilización. En un sustrato

inherentemente fértil, o en un medio corregido a través de la incorporación de fertilizantes, es imposible controlar completamente la nutrición de la planta durante la etapa de crecimiento. Los medios de crecimiento que contienen fertilizantes de lenta liberación, no deben ser almacenados más allá de unos pocos días, pues las sales del fertilizante pueden aumentar y dañar a las semillas en germinación y a las plántulas recientemente germinadas (Handreck y Black, 1984). Muchos viveros forestales norteamericanos que producen en contenedor, están equipados con sistemas para la inyección de fertilizantes, que facilitan la fertilización acostumbrada en cualquier época. Aunque muchos tipos de sustratos comerciales contienen una dosis inicial de fertilizante, su uso no debe ser recomendado. Una baja fertilidad inicial facilita fertilizar en cualquier momento durante la rotación y controlar el crecimiento y fenología de la planta. La capacidad para lixiviar completamente los nutrientes fuera del medio de crecimiento, y para cambiar las proporciones de nutrientes antes del período de endurecimiento, frecuentemente es usada para iniciar yemas y dureza ante el frío (ver capítulo 1, volumen cuatro de este manual).

Muchos de los componentes de los sustratos utilizados en los viveros que producen en contenedor, son inherentemente infértiles (cuadro 2.2.1), aunque hay algunas excepciones. Mastalerz (1977), refiere que la vermiculita contiene "grandes cantidades" de potasio y magnesio, que están disponibles para el crecimiento de la planta, aunque pruebas practicadas a medios de turba-vermiculita, revelaron la presencia de sólo pequeñas cantidades de estos nutrientes (cuadro 2.2.3). La turba de musgo contiene entre 1 a 2.5% de nitrógeno, el cual está en una forma orgánica, y por tanto no inmediatamente disponible para su aprovechamiento por las plantas (Bunt, 1988). Sin embargo, la calidad de la turba de musgo es un factor importante, ya que tanto más descompuesto esté, como en el caso de la turba de humus, puede contener el nitrógeno suficiente para representar un problema en el cultivo de la planta (ver sección 2.2.4.4).

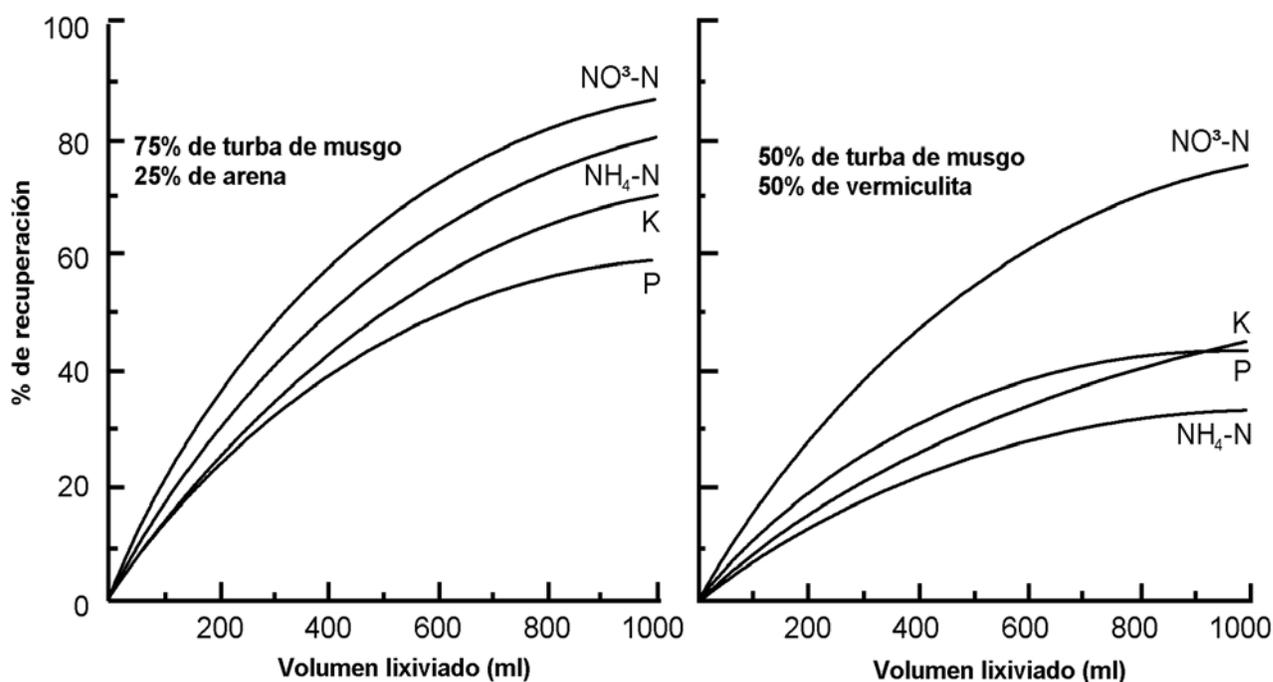


Figura 2.2.3 La sustitución con vermiculita (**derecha**) en lugar de arena en un medio de crecimiento de turba de musgo-arena (**izquierda**), incrementa marcadamente la capacidad de intercambio catiónico, y por tanto, reduce la cantidad de nutrientes minerales perdida por lixiviación; esto es, decrece el porcentaje de nutrientes recuperados en el lixiviado (adaptada de Bunt, 1988).

Scarratt (1986), analizó una variedad de nutrientes minerales y otras propiedades químicas en un sustrato estándar de turba-vermiculita, y encontró niveles muy pobres de todos los nutrientes. Muchos micronutrientes estuvieron presentes en concentraciones muy bajas, y el cobre (Cu) estuvo ausente (cuadro 2.2.3). Los medios de crecimiento comerciales varían en sus niveles de fertilidad inicial, ya que muchos medios contienen cantidades suplementarias de fertilizante. Sanderson (1983), revisó la fertilidad de 23 marcas distintas y halló que los niveles de nitrato variaron entre 3 y 154 ppm, los del fósforo entre 1 y 112 ppm, los del potasio entre 8 y 244 ppm, y los del calcio entre 100 y 3,160 ppm. Handreck y Black (1984) notaron que los componentes del medio de crecimiento pueden contener niveles variables de fertilidad, haciendo difícil lograr uniformidad entre grupos. Estos datos indican que los viveristas deben percatarse de los niveles de fertilidad de sus sustratos, y que deben analizar en forma rutinaria los niveles de nutrientes de sus medios de crecimiento (ver capítulo 1, volumen cuatro de este manual).

Cuadro 2.2.3 Análisis de nutrientes en un sustrato estándar de turba-vermiculita (2:1).

Nutriente	Símbolo	Unidades	Valor
Niveles de minerales			
Nitrógeno amoniacal	NH ₄ -N	ppm	1.56
Nitrógeno nítrico	NO ₃ -N	ppm	0.00
Fósforo	P	ppm	1.30
Potasio	K	ppm	5.19
Calcio	Ca	ppm	1.83
Magnesio	Mg	ppm	1.19
Hierro	Fe	ppm	0.143
Manganeso	Mn	ppm	0.046
Cobre	Cu	ppm	0.000
Zinc	Zn	ppm	0.002
Boro	B	ppm	0.031
Molibdeno	Mo	ppm	0.010
Otros índices nutricionales			
pH	--	--	4.06
Conductividad eléctrica	CE	μS/cm	1.00

Fuente: Scarratt (1986).

Ciertos componentes de los medios de crecimiento pueden tener un efecto negativo sobre la fertilidad, y competir con la planta por nutrientes. Los materiales orgánicos no composteados, como el aserrín o la corteza, pueden limitar una proporción significativa de nitrógeno, porque los microorganismos que descomponen tales materiales orgánicos requieren de elevados niveles de éste nutriente. Algunos tipos de corteza de pino pueden remover hierro de la solución del medio de crecimiento, y la vermiculita puede limitar tanto el hierro como el fósforo (Handreck y Black, 1984).

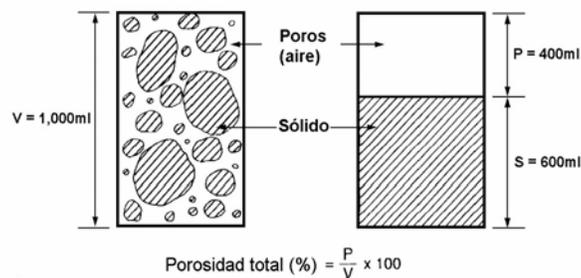
Apropiado balance del tamaño de los poros.

Probablemente no existe otra propiedad física de los sustratos que haya sido tan minuciosamente discutida e investigada como la porosidad. Pero tal atención es bien merecida, ya que el espacio poroso relativo de un medio de crecimiento afecta todo aspecto del cultivo de la planta en contenedor. Una estructura de poros apropiadamente balanceada, representa un adecuado intercambio de gases para el sistema radical, lo cual afecta directamente todas las funciones de la raíz, como la absorción de nutrientes minerales y de agua. Milks *et al.* (1989) establecieron que el cultivo de plantas en contenedores pequeños frecuentemente implica problemas de crecimiento, debido a la pobre aireación o baja capacidad de almacenamiento de agua del sustrato. La porosidad para la aireación es considerada la propiedad física más importante de cualquier medio de crecimiento (Johnson, 1968; Bragg y Chambers, 1988).

Un sustrato está compuesto de partículas sólidas y de espacios porosos que existen entre ellas; estos espacios porosos son tan importantes como las mismas partículas, desde el punto de vista hortícola. La cantidad de espacio poroso se expresa en términos de porcentaje de porosidad, y es una función del tamaño, forma, y arreglo espacial de las partículas individuales del medio de crecimiento en el contenedor (fig. 2.2.4).

La porosidad puede ser dividida funcionalmente en tres partes: porosidad total, porosidad de aireación, y porosidad de retención de humedad (Bethke, 1986; Handreck y Black, 1984):

Porosidad total. La porosidad total es una medida del total de espacios porosos de un sustrato, expresada como el porcentaje del volumen que no está ocupado por partículas sólidas. Por ejemplo: 1,000 ml de medio de crecimiento con una porosidad total de 40%, tienen 400 ml de poros y 600 ml de partículas sólidas (fig. 2.2.4).



$$\text{Porosidad total (\%)} = \frac{P}{V} \times 100$$

En este ejemplo

$$\text{Porosidad total} = \frac{400\text{ml}}{1,000\text{ml}} \times 100 = 40\%$$

Figura 2.2.4 Un volumen dado de sustrato deshidratado está compuesto por partículas sólidas y por espacios (poros) que las rodean. La porosidad total es la proporción del volumen total del sustrato que no es materia sólida (adaptado de Handreck y Black, 1984).

Porosidad de aireación. La porosidad de aireación es la medida de la parte del total de espacios porosos que están ocupados con aire luego de que el medio de crecimiento es saturado con agua y se facilita su libre drenaje. Los poros que contienen aire, son relativamente grandes y son denominados **macroporos** (fig. 2.2.5).

Porosidad de retención de humedad. La porosidad de retención de humedad es la medida de la parte del total de espacio poroso que se mantiene llena de agua, luego de que el medio de crecimiento es saturado con agua y se facilita el libre drenaje de ésta. Los poros que contienen agua son relativamente pequeños y son denominados **microporos** (fig. 2.2.5).

Las características de porosidad de un sustrato (la proporción relativa entre porosidad de aireación y porosidad de retención de humedad), dependen de los tipos y tamaños de los componentes del medio de crecimiento. Bugbee y Frink (1986) hicieron variar el tamaño de las partículas de turba de musgo y vermiculita, para producir sustratos con porosidades de aireación de 1.0 a 33.6% del volumen. La porosidad total se mantuvo constante al aumentar la porosidad de aireación, pero la porosidad de retención de humedad disminuyó linealmente.

La porosidad puede ser medida en varias formas: la porosidad de aireación puede ser medida tanto por métodos volumétricos como por métodos gravimétricos (Bragg y Chambers, 1988). Un procedimiento relativamente simple para estimar la porosidad total, la porosidad de aireación y la porosidad de retención de humedad, se describe en el cuadro 2.2.4.

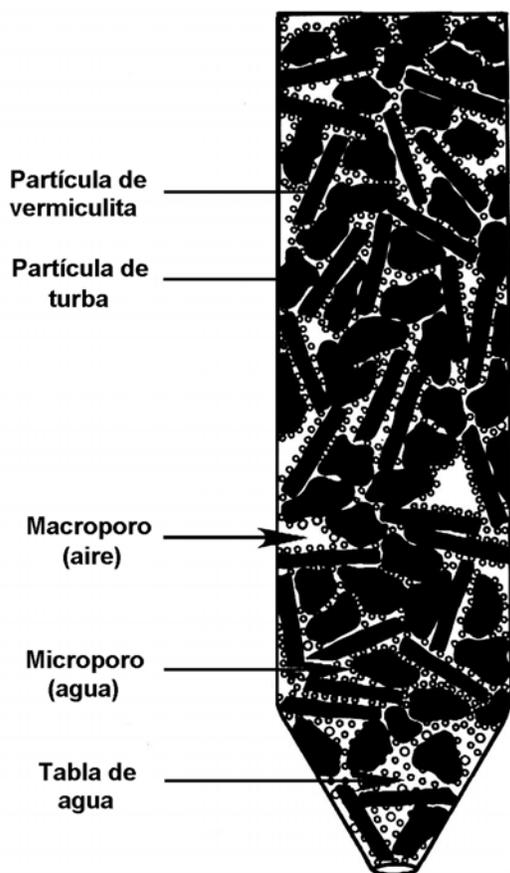


Figura 2.2.5 La porosidad total de un medio de crecimiento consiste de macroporos relativamente grandes, los cuales integrados constituyen la porosidad de aireación, y de microporos relativamente pequeños, que constituyen la porosidad de retención de humedad. Todos los contenedores pueden producir una tabla de agua, la cual crea una zona con sustrato saturado al fondo del contenedor.

Las recomendaciones en relación a la cantidad total y tipo de espacios porosos en los medios de crecimiento para contenedores, varían considerablemente. Handreck y Black (1984) reportan que un sustrato bien formulado contiene alrededor de 60-80% de porosidad total. Havis y Hamilton (1976) establecen que la porosidad total de un sustrato debe exceder el 50%, y que la porosidad de aireación debería ser de 20 a 25%; Whitcomb (1988) recomienda una elevada porosidad de aireación, de aproximadamente 25 a 35%, para especies forestales producidas en contenedor. Puustjarvi y Robertson (1975) recomiendan un valor aún mayor de porosidad de aireación, con 45 a 50% debido a la gran demanda de oxígeno de las raíces en los ambientes de los invernaderos. Tan amplia variación en las recomendaciones de porosidad, también refleja las características físicas de los diferentes tipos de

medios de crecimiento, así como las diferentes formas en que la porosidad puede ser medida. Un medio de crecimiento bien formulado, puede contener una mezcla de macroporos, para aireación y drenaje, y de microporos, para la retención de humedad (fig. 2.2.5). Sin embargo, la proporción de macroporos con relación a los microporos, varía considerablemente entre diferentes mezclas de sustratos, y las características de porosidad de un medio cualquiera, no pueden ser predichas a partir de la porosidad de sus componentes individuales. Beardsell *et al.* (1979) encontraron que, aunque la porosidad total puede ser predicha a partir de la densidad en volumen para ciertos tipos de medios de crecimiento, las porosidades de aireación y de retención de humedad no pueden ser predichas.

Factores que afectan la porosidad. La porosidad de un medio de crecimiento puede variar con las características de sus componentes, el grado de compactación del medio dentro del contenedor, y la altura del contenedor. En efecto, la altura del contenedor es el principal factor que controla la porosidad de aireación del medio de crecimiento en un contenedor (Milks *et al.*, 1989). Existen cuatro factores que afectan las características de la porosidad en contenedores: tamaño de las partículas individuales, características de las partículas, mezcla de tamaños de las partículas, y cambios en la porosidad a través del tiempo.

Tamaño de las partículas individuales. En los viveros que producen a raíz desnuda, la estructura del suelo es una de las propiedades más importantes que afectan la porosidad del suelo, pero en los viveros que producen en contenedor, la porosidad es determinada principalmente por el intervalo de tamaños de las partículas presentes en el sustrato (Handreck y Black, 1984). Las partículas grandes no embonan tan bien entre sí como las partículas pequeñas, y por ello producen una mayor porosidad total. La porosidad de aireación y la porosidad de retención de humedad tienen una relación complementaria: conforme el tamaño de las partículas incrementa, la porosidad de retención de humedad disminuye y la porosidad de aireación aumenta (fig. 2.2.6).

El tamaño de partícula que genera la mezcla apropiada de porosidad, aparentemente varía con el tipo de material. Para la turba de musgo, es recomendable un tamaño de partícula de entre 0.8 mm (0.03 pulgadas) y 6.0 mm (0.24 pulgadas). Si las partículas de turba son menores de aproximadamente 0.8 mm (A en la fig. 2.2.6), los microporos predominarán, y el medio de crecimiento fácilmente podrá saturarse con agua.

Conforme aumenta el tamaño de la partícula, la proporción de macroporos con relación a los microporos aumenta, alrededor de 6.0 mm (B en la fig. 2.2.6), hasta que los macroporos predominan y el medio de crecimiento puede no retener suficiente humedad para el crecimiento de la planta (Puustjarvi y Robertson, 1975). Por otro lado, el tamaño ideal de partículas para la corteza de pino, es algo menor. Handreck y Black (1984), reportan que las partículas menores a 0.5 mm (0.02 pulgadas) tienen el efecto más significativo en la aireación y características de retención de humedad, del medio de crecimiento. Estos autores encontraron que la porosidad de aireación fue fuertemente disminuida por las partículas de corteza menores a 0.25 mm (0.01 pulgadas), mientras que el agua disponible se incrementó por partículas de entre 0.10 y 0.25 mm (0.004 a 0.010 pulgadas). El tamaño ideal para arena es: 60% de las partículas entre 0.25 y 1.00 mm (0.01 y 0.04 pulgadas), con no más de 3% de éstas menores de 0.1 mm (0.004 pulgadas), o mayores de 2 mm (0.08 pulgadas) (Swanson, 1989).

Características de las partículas. Las propiedades físicas y químicas de las partículas, también afectan la porosidad de un medio de crecimiento. Algunos componentes como la turba de musgo y la vermiculita, pueden ser comprimidos, mientras que otros, como la perlita y la corteza, mantienen su tamaño original aún bajo presión. La turba de musgo y especialmente la vermiculita, son frágiles y pueden ser quebradas fácilmente en partículas más pequeñas, durante el mezclado y durante el manejo. Si se agrega humedad a un medio de turba-vermiculita durante el mezclado, se puede mantener la integridad de las partículas (Milks *et al.*, 1989). La textura irregular de la superficie de las partículas de perlita, genera espacios de macroporos (Moore, 1988). Algunos compuestos orgánicos, especialmente el aserrín y la corteza no composteados, encogen durante la descomposición.

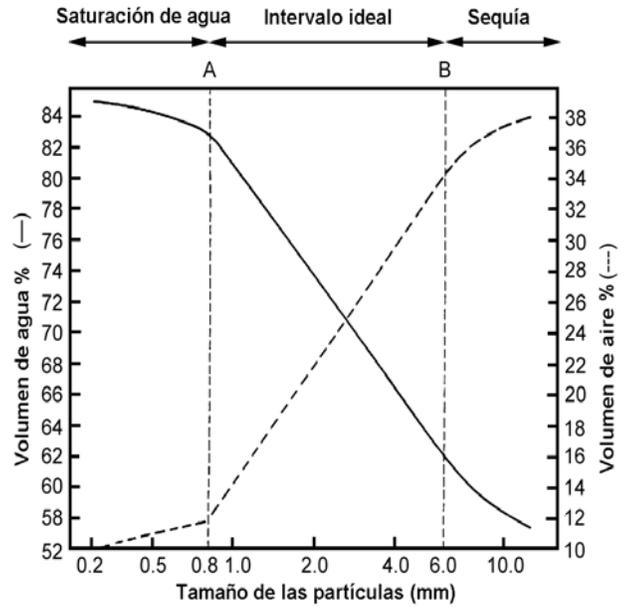


Figura 2.2.6 La porosidad es en parte función del tamaño de las partículas. Conforme aumenta el tamaño de las partículas, la proporción relativa de microporos disminuye y la proporción de macroporos se incrementa y *vice versa*. Este diagrama conceptual fue desarrollado para el sustrato puro de turba de musgo, por Puustjarvi y Robertson (1975); para otros componentes de medios de crecimiento, el concepto puede ser el mismo, aunque los valores numéricos pueden ser diferentes.

Cuadro 2.2.4 Determinando las características de porosidad del sustrato: porosidad total, porosidad de aireación y porosidad de retención de humedad.

Equipo

1. Contenedor con perforación de drenaje en el fondo.
2. Tapón o cinta impermeabilizante para sellar la perforación de drenaje.
3. Cilindro graduado o algún otro medio para medir el volumen líquido.
4. Batea impermeable más ancha que el fondo del contenedor.

Procedimiento

1. Selle la perforación de drenaje del contenedor y llénelo con agua. Mida el volumen de agua del contenedor y regístrelo como "volumen del contenedor."
2. Vacíe y seque el contenedor y llénelo con medio de crecimiento. Sature lentamente el medio de crecimiento vertiendo agua gradualmente sobre su superficie. Continúe agregando agua durante un período de varias horas, hasta que el medio de crecimiento esté totalmente saturado (la superficie se pone brillante). Registre el volumen total de agua agregado como el "volumen total de poros."
3. Coloque el contenedor sobre la batea impermeable y remueva el sello de las perforaciones de drenaje. Permita que el agua se drene libremente fuera del contenedor (lo cual puede tomar varias horas). Mida la cantidad de esta agua drenada y regístrela como "volumen de poros de aireación."
4. Calcule la porosidad total, la porosidad de aireación y la porosidad de retención de humedad con base en las siguientes fórmulas:

$$\text{Porosidad total (\%)} = \frac{\text{volumen total de poros}}{\text{volumen del contenedor}} \times 100$$

$$\text{Porosidad de aireación (\%)} = \frac{\text{volumen de aireación}}{\text{volumen del contenedor}} \times 100$$

$$\text{Porosidad de retención de humedad (\%)} = \text{porosidad total} - \text{porosidad de aireación}$$

Estándar

La porosidad de aireación debe ser aproximadamente de 25 a 35% para las especies forestales.

Fuente: adaptado de Gessert (1976) y Whitcomb (1988).

Las partículas de los componentes de muchos medios de crecimiento no son sólidas, y contienen espacios internos vacíos; esta **porosidad interna** es importante para las propiedades hortícolas de un sustrato. Algunos materiales densos, como las partículas de arena, esencialmente carecen de porosidad interna, mientras que otros materiales, como la turba de musgo, la vermiculita y la corteza de pino, poseen una sustancial porosidad interna. El espacio poroso interno de las partículas de corteza de pino fue determinado como superior al 43% de su volumen total (Pokorny, 1987). Además de afectar la densidad, esta porosidad interna puede influenciar las propiedades de retención de

humedad y de retención de nutrientes de un medio de crecimiento. Aunque el almacenaje interno de agua es considerado por algunos investigadores como no disponible para la planta (Spomer, 1975), Pokorny (1987) demostró que la absorción de agua por la planta es aumentada por la penetración de las raíces en las partículas de corteza de pino. La estructura esponjosa de la turba de musgo del género *Sphagnum*, y de las partículas de vermiculita, refleja una elevada porosidad interna, la cual es una de las razones de su popularidad como componentes de medios de crecimiento en viveros forestales que producen en contenedor. Otros materiales porosos como la perlita, poseen

poros sellados y por tanto no pueden absorber humedad. Por ejemplo, las partículas de perlita retienen consistentemente menos humedad, y por tanto proveen más aireación que las partículas de piedra pómez del mismo tamaño (Johnson, 1968). Debido a tales propiedades deseables, la perlita frecuentemente es agregada al sustrato para aumentar la porosidad de aireación.

Una comparación de las características de porosidad para algunos componentes de sustratos tradicionales (cuadro 2.2.5), ilustra aún más la variación entre los diferentes materiales. La turba de musgo tiene la mayor porosidad total y de retención de humedad, porque posee un gran espacio poroso interno; la corteza de oyamel tiene la menor porosidad de retención de humedad debido a que está suberizada, y por tanto es repelente al agua.

Mezcla de tamaños de partículas. Debido a que el medio de crecimiento usualmente es una mezcla de dos o más componentes, con una variedad de tamaños de partículas, el arreglo de las mismas y la relación de unas con otras afecta la porosidad. Siempre que son mezcladas partículas de diferentes tamaños, el volumen resultante es menor que la suma de los volúmenes originales, porque las partículas más pequeñas llenan los espacios existentes entre las grandes. Esto es especialmente significativo con aquellas que son angulares, como el caso de algunos tipos de arena, en las cuales con forma tendiente a piramidal se acomodan estrechamente.

Cambios en la porosidad a través del tiempo. La porosidad de un sustrato determinado también cambia a través del tiempo a causa de la descomposición de las partículas, la acumulación de partículas finas en el fondo del contenedor por el riego, la gravedad, y por el mismo crecimiento en el interior. Langerud (1986) concluyó que es necesario un medio físicamente estable, para que pueda mantenerse el balance crítico entre las capacidades de aireación y de retención de humedad. Beardsell *et al.* (1979) encontraron que las partículas finas de piedra pómez arregladas en el fondo de un contenedor, se acomodan llenando los espacios entre las partículas más grandes, originando así problemas de drenaje. Muchos viveristas fallan al apreciar la cantidad de espacios porosos que son ocupados por las raíces; en efecto, se espera que las plantas produzcan suficientes raíces para formar un cepellón relativamente firme al término de la etapa de cultivo. Al producirse las nuevas raíces, éstas penetran y se expanden, llenando los poros grandes que contenían aire en el sustrato, con lo que gradualmente se reduce la porosidad de aireación. Este problema es más serio en el caso de plantas grandes, las cuales son cultivadas durante más de una estación de crecimiento. Para contrarrestar este efecto, los viveristas deben emplear un medio de crecimiento granular, con buena aireación, que aunque requiere de mayor riego cuando la plántula es pequeña, puede proveer un intercambio de aire adecuado cuando las plantas maduran.

Cuadro 2.2.5 Comparación de densidades en volumen y porosidades en seco y en húmedo, para componentes estándares de los medios de crecimiento.

Componente	Densidad (kg/m ³)		Relaciones de porosidad (% de volumen)		
	Seco	Húmedo	Retención de humedad	Aireación	Total
Turba de musgo <i>Sphagnum</i>	104.1	693.7	58.8	25.4	84.2
Turba de musgo <i>Hypnum</i>	185.8	310.8	59.3	12.4	71.7
Vermiculita	108.9	640.8	53.0	27.5	80.5
Perlita	96.1	394.1	47.3	29.8	77.1
Corteza de oyamel	184.2	333.2	15.0	54.7	69.7
Arena	1,497.9	1,842.3	33.7	2.5	36.2

Fuente: modificado de Johnson (1968).

Libre de plagas y enfermedades. Uno de los problemas más serios con los medios de crecimiento basados en suelo natural, es que éste puede contener toda una variedad de plagas y enfermedades, como hongos fitopatógenos, insectos y nemátodos, además de semillas de malas hierbas. A causa de estos problemas, el suelo necesita ser esterilizado con productos químicos antes de que sea utilizado como medio de crecimiento. Con la aparición de los sustratos artificiales, el uso de la pasteurización se ha reducido sustancialmente, ya que muchos de los componentes comúnmente usados están considerados libres de plagas y enfermedades (James, 1987). La vermiculita y la perlita son esterilizadas durante su manufactura, pues son expuestas a temperaturas tan elevadas como 1,000 °C (1,832 °F). El nivel de asepsia de la turba de musgo está sujeto a debate (cuadro 2.2.1). Bluhm (1978) reporta que aunque algunos productos de turba de musgo son anunciados como "estériles" o "libres de plagas," se ha encontrado que la turba contiene hongos fitopatógenos, semillas de malas hierbas y nemátodos. Baker (1985) estableció que el musgo y otros hongos de la raíz fueron encontrados en marcas comerciales de turba provenientes de diferentes áreas geográficas, incluyendo a Canadá. Bunt (1988) concluye que la turba no es técnicamente estéril, pero ya que generalmente los organismos que contiene no son fitopatógenos, normalmente no es esterilizada antes de ser usada (ver capítulo 1, volumen cinco de este manual).

En estudios recientes se ha encontrado que algunos tipos de turba de musgo del género *Sphagnum* inhiben a ciertos hongos fitopatógenos, como es *Pythium spp.* Wolffhechel (1988) inoculó *Pythium* a muestras de turba de musgo de *Sphagnum* procedente de cinco localidades distintas, y encontró una variación considerable en cuanto a receptividad del fitopatógeno. A causa de que éste puede ser destruido por el calor de la pasteurización, o con un tratamiento con fungicida, la capacidad para suprimir a *Pythium* ha sido atribuida a la presencia de microorganismos benéficos (antagonistas). Los sustratos formulados con esta turba de musgo que suprime enfermedades, pueden inhibir el desarrollo de la "chupadera" y pudriciones de raíz producidas por *Pythium*. Una casa comercial, Ball Seed Company, ofrece un sustrato basado en turba que es "supresivo en forma natural" de enfermedades ocasionadas por *Pythium*.

2.2.3.2 Características que afectan las operaciones en vivero

En adición a las características del contenedor que afectan el crecimiento de la planta, los viveristas deben considerar las propiedades de los sustratos que se relacionan con los aspectos operativos del manejo de viveros forestales que producen en contenedor. Factores como costo y disponibilidad, uniformidad y repetibilidad, densidad, estabilidad dimensional, durabilidad y facilidad de almacenamiento, facilidad para realizar la mezcla y la carga, rehumectabilidad, y la facilidad para producir un firme cepellón con las raíces, también son importantes para la selección de un medio de crecimiento o de sus componentes individuales.

Costo razonable y disponibilidad. El costo es uno de los factores más significativos, aunque frecuentemente es sobreestimado en la elección de medios de crecimiento o de sus componentes. A causa de que el medio de crecimiento tiene un efecto tan importante en el crecimiento de la planta, los viveristas no deben hacer del costo el factor determinante cuando se selecciona un medio. Swanson (1989) ejemplifica bien el caso: el precio no debe ser la primera prioridad en la elección de un sustrato comercial o de sus componentes, a menos que aquél sea prohibitivo.

La disponibilidad tiene efecto sobre otros aspectos de manejo del sustrato, especialmente la uniformidad y el costo (Swanson, 1989). Muchos de los materiales utilizados para formular el medio de crecimiento son baratos pero voluminosos, y a veces pesados, lo que hace caro su transporte. Un material que es barato en una localidad puede resultar caro en otra, siendo la causa primaria de lo anterior los costos de embarque. Muchos componentes son producidos en áreas geográficas restringidas, y resultan difíciles de obtener o muy caros en otras áreas. La turba de musgo de *Sphagnum* es fácilmente accesible y relativamente barata en Canadá y en el norte de los Estados Unidos, pero es considerada no económica en muchas partes del mundo. Por otro lado, la arena es un componente del medio de crecimiento que se puede hallar por todo el mundo a un costo relativamente bajo. Los precios de los componentes de los medios también pueden variar; los materiales que inicialmente son baratos, como la corteza de pino, pueden encarecerse debido a la elevada demanda y a la competencia con otros usos (Whitcomb, 1988).

Alto grado de uniformidad y ser reproducibles.

Tanto los componentes como el medio de crecimiento resultante, deben ser uniformes en calidad, y reproducibles de lote en lote. Algunos materiales, como la turba de musgo y la arena, pueden variar considerablemente entre localidades. Aunque el término **turba de musgo** es utilizado genéricamente, la calidad de este popular componente del medio de crecimiento varía con respecto al tipo de planta que compone la turba, y el clima bajo el cual la turba fue depositada. Mastalerz (1977) recomienda la estandarización del sustrato y de los componentes del medio, a efecto de asegurar que cada lote tenga las mismas propiedades físicas, químicas y biológicas. Un sustrato que varía en características físicas o químicas, puede originar serios problemas con el riego, fertilización y otras prácticas culturales (ver sección 2.2.5.1). Un buen medio de crecimiento debe ser reproducible para garantizar la uniformidad del cultivo y, para mantener la calendarización de la producción de éste (Whitcomb, 1988). La capacidad para reproducir consistentemente un medio de crecimiento, entre cultivo y cultivo, es uno de los factores culturales más importantes para el manejo exitoso de los viveros forestales que producen en contenedor.

Baja densidad. La densidad de un sustrato es definida como su peso por unidad de volumen, y usualmente es expresada en gramos por centímetro cúbico (g/cm^3), o kilogramos por metro cúbico (kg/m^3); las unidades inglesas son libras por pie cúbico. La densidad para un sustrato específico, está en función de tres factores:

- Las densidades de las partículas que componen el medio.
- Lo compresibles que sean las partículas.
- El arreglo de estas partículas entre sí.

Las densidades de las partículas de diferentes medios de crecimiento varían considerablemente, dependiendo de su composición química y estructura física. Aunque Handreck y Black (1984) estimaron que la densidad de las partículas minerales promedio es de aproximadamente $2.6 \text{ g}/\text{cm}^3$ (162.3 libras por pie cúbico), y que la de las partículas de materia orgánica es de $1.55 \text{ g}/\text{cm}^3$ (96.8 libras por pie cúbico), tales promedios son de limitada utilidad, pues su grado de compresión y el arreglo de las partículas también afectan los valores de densidad. Las partículas minerales pueden variar desde arena sólida hasta vermiculita altamente porosa, y las orgánicas desde corteza rígida hasta turba de musgo esponjosa.

La densidad de un sustrato, en un contenedor lleno, está también en función del arreglo interno de las partículas individuales. Aunque Beardsell *et al.* (1979) hallaron que la porosidad total puede ser estimada a partir de la densidad en algunos tipos de medios de crecimiento, las porosidades de aireación y de retención de humedad, frecuentemente están relacionadas con el qué tanto ha sido compactado el sustrato, durante el proceso de llenado (la compactación es discutida a detalle en la sección 2.2.7).

La densidad tradicionalmente es medida con base en el peso anhidro, pero la densidad en húmedo también es importante desde un punto de vista operativo. Algunos materiales, como la turba de musgo y la vermiculita, son capaces de absorber el equivalente a muchas veces su peso en agua. Nelson (1978) reporta que un sustrato hecho con vermiculita y perlita, tuvo una densidad de alrededor de $0.51 \text{ g}/\text{cm}^3$ (32 libras por pie cúbico) cuando estaba saturado, mientras que en seco, tuvo una densidad de sólo $0.10 \text{ g}/\text{cm}^3$ (6.5 libras por pie cúbico). Los viveristas interesados en mantener ligeros en peso sus sustratos, pueden considerar a la perlita como un componente, pues este material es relativamente hidrofóbico. Un medio de crecimiento hecho con una mezcla de turba de musgo y perlita puede, por tanto, tener un peso saturado mucho menor que el de una mezcla de turba de musgo y vermiculita (Whitcomb, 1988).

Las densidades tanto en seco como en húmedo para componentes de medios de crecimiento, son referidas en el cuadro 2.2.5. Algunos materiales, como la turba de musgo y la vermiculita, tienen densidades en húmedo mucho mayores que sus densidades en seco. Obviamente la arena tiene los valores más altos en razón de su mayor densidad de partículas; la poca diferencia entre los valores en seco y en húmedo refleja una baja capacidad de retención de humedad. En los viveros que producen especies ornamentales, la elevada densidad de la arena agrega estabilidad a los contenedores individuales en pie, para que las plantas, más pesadas en su parte superior, no se caigan; esta propiedad es intrascendente para los contenedores pequeños y agrupados, utilizados en muchos de los viveros forestales. La densidad en seco es importante operativamente para el embarque y manejo de los componentes de los sustratos secos, pero la densidad en húmedo afecta el manejo y embarque de las plantas en su contenedor, cuando el sustrato está saturado. Por lo tanto, con base en la facilidad de manejo, los componentes con una baja densidad pueden resultar ventajosos en los viveros forestales que producen en contenedor.

Estabilidad dimensional. Un sustrato no debe encoger o hincharse excesivamente durante su uso. Bilderback (1982), menciona tres tipos de cambios en volumen que pueden ocurrir.

1. Encogimiento debido a expansión y contracción. Los materiales como la turba de musgo pueden encoger durante períodos de humectación y secado alternos. Harlass (1984) reportó que si a algunos medios basados en turba se les facilita el secado excesivo, éstos pueden apartarse de la pared del contenedor, haciendo difícil una rehumectación uniforme.

2. Descomposición de materiales orgánicos. Los materiales orgánicos que no fueron composteados adecuadamente, pueden perder volumen conforme se descomponen (ver la sección siguiente sobre durabilidad y facilidad de almacenamiento).

3. Relación espacio-encogimiento en volumen. Las partículas pequeñas pueden llenar los espacios vacíos existentes entre partículas de mayor tamaño; tanto más grande la diferencia en el tamaño de las mismas, mayor el cambio en volumen. Whitcomb (1988) discute la pobre aireación resultante cuando las partículas finas de vermiculita fueron acarreadas al fondo del contenedor, mediante la percolación del agua de riego, llenando los espacios porosos y levantando el nivel de la tabla de agua. Ni la arena ni la piedra pómez, con partículas grandes, son recomendables, puesto que las partículas más pequeñas arriban por gravedad al fondo del contenedor al transcurrir el tiempo, reduciendo así la porosidad.

Durabilidad y facilidad de almacenamiento. Muchos de los componentes de los medios de crecimiento populares, son durables y no se descomponen ni cambian al pasar el tiempo. Los materiales orgánicos sin compostear pueden descomponerse considerablemente durante el ciclo de cultivo, y por tanto, no son recomendables como medios de crecimiento (Nelson, 1978). No obstante, los materiales orgánicos composteados, incluyendo el aserrín, las virutas de madera y la corteza, pueden ser usados. La corteza de pino no cambia su volumen en forma apreciable a causa de su lenta tasa de descomposición, pero aún así muchos viveristas prefieren la corteza vieja o composteada (Bilderback, 1982). La turba de musgo puede variar considerablemente en su grado de descomposición, que puede ser calificado sobre una escala de 1 a 10, usando el sistema von Post (Puustjarvi y Robertson, 1975).

Inicialmente, los materiales estériles que son ordenados en grandes cantidades, pueden ser contaminados con semillas de malas hierbas o con otros propágulos durante el almacenamiento. Por esta razón, los lotes de sustrato previamente mezclados, o los componentes de los medios, deben ser comprados en paquetes plásticos sellados, y almacenados fuera del alcance de la luz solar directa, la cual puede facilitar el rápido rompimiento de la cubierta plástica.

Facilidad de mezclado y de llenado de los contenedores. Este factor es particularmente importante para los viveristas que acostumbran mezclar sus propios lotes de sustrato. El mezclado uniforme puede ser difícil de alcanzar debido a diferencias en la densidad, tamaño de partículas y contenido de humedad de los diferentes componentes. Los componentes de los medios de crecimiento no deben formar agregados durante el almacenamiento, y deben fluir fácilmente durante las operaciones de mezclado y de llenado. La turba de musgo y la corteza de pino son embarcados relativamente secos, pero deben ser completamente humedecidos antes de ser mezclados; sin embargo, esto puede resultar difícil operativamente, pues estos materiales orgánicos frecuentemente son hidrofóbicos a bajos contenidos de humedad (ver sección 2.2.5.4 para mayor información sobre agentes de humedecimiento). El flujo es especialmente importante cuando se llenan los contenedores pequeños típicamente empleados en los viveros forestales. Estos contenedores tienen pequeños diámetros superiores que se tapan fácilmente, y que impiden que las partículas del medio sigan llenando uniformemente el contenedor.

Facilidad de rehumedecimiento. Algunos componentes, como la turba de musgo y la corteza, adquieren propiedades hidrofóbicas si se permite su secado excesivo, lo cual puede mermar las tasas de riego e infiltración. Este problema es particularmente serio durante el período de inducción de dormición, cuando los trabajadores restringen el riego para inducir tensión hídrica en la planta. Bunt (1988) establece que la dificultad en el rehumedecimiento de la turba se debe a una película de aire atrapada en la superficie de las partículas, así como a la presencia de humatos de hierro, los cuales repelen al agua. Las partículas de corteza también pueden ser difíciles de rehumedecer, y Pokorny (1979) establece que esta hidrofobicidad es causada tanto por factores físicos como químicos: muchas partículas de corteza están cubiertas por productos químicos orgánicos que dificultan la absorción de agua, y sus superficies rugosas crean una tensión superficial

que repele al agua físicamente. Bilderback (1982) recomienda utilizar humectantes si la corteza tiene un contenido de humedad inferior al 35%. Los surfactantes, también denominados agentes de humedecimiento, son agregados rutinariamente durante el procedimiento de mezclado, para incrementar el humedecimiento de los componentes del sustrato (ver sección 2.2.5.4 para más información sobre los humectantes).

Formación de un cepellón firme. Esta característica operativa es única para los viveros forestales, ya que las plantas que van a ser embarcadas son extraídas del contenedor antes de ser plantadas. Las plantas producidas en contenedores deben mantener un firme cepellón durante su extracción, carga, embarque y plantación. Un cepellón cohesivo y resiliente es especialmente importante cuando las plantas son plantadas con herramientas especiales, que hacen una cepa del mismo tamaño y forma que el contenedor. Tanto el sustrato como varias prácticas de cultivo deben ser diseñados para promover un adecuado desarrollo radical en todo el contenedor, para que al término de la etapa de cultivo esté desarrollado un firme cepellón (fig. 2.2.7A). Los sustratos que no llenen uniformemente el contenedor o que inhiban la aireación, pueden implicar la pobre formación de un sistema radical, que no podrá ser fácilmente extraído del contenedor, y que no pueda mantener la integridad del cepellón durante la carga y el embarque (fig. 2.2.7B). Lackey y Alm (1982), evaluaron la calidad de los cepellones de plantas de coníferas producidas en bloques de poliestireno, en 6 tipos distintos de sustratos, y encontraron que dos marcas comerciales de medios de crecimiento produjeron cepellones con el mayor índice de calidad. Tinus (1974), evaluó la sobrevivencia y el crecimiento de plantas de *Pinus ponderosa* (ponderosa pine) con diferentes índices de "integridad del cepellón"; tanto la sobrevivencia como el crecimiento disminuyeron significativamente conforme más deteriorado estaba el cepellón (cuadro 2.2.6).



A



B

Figura 2.2.7 El sistema radical de las especies forestales producidas en contenedor, debe producir un cepellón firme (A) para cuando sean extraídas del contenedor. Un medio de crecimiento pobremente formulado, puede crear condiciones desfavorables para el crecimiento de la raíz, y el sistema radical resultante puede no formar un cepellón (B).

Cuadro 2.2.6 Efecto de la integridad del cepellón en la sobrevivencia y en el crecimiento de plantas de *Pinus ponderosa* (ponderosa pine) producidas en contenedor.

Integridad del cepellón (%)	Sobrevivencia al primer año (%)		Crecimiento al primer año (cm)
	1972	1973	
100	95 a	92 a	4.2 a
75	90 ab	72 b	3.7 b
50	85 b	78 b	3.0 c
25	87 b	40 c	3.0 c
0	79 c	15 e	2.6 c

Los valores sin letras en común en cada columna, tienen diferencias estadísticamente significativamente (P = 0.05). Fuente: adaptado de Tinus (1974).



2.2.4 Componentes Utilizados en la Formulación de Medios de Crecimiento para Especies Forestales

Aunque la turba pura es empleada en algunos viveros forestales que producen en contenedor, muchos sustratos modernos consisten de dos o más **componentes** diferentes que son elegidos para proporcionar ciertas propiedades físicas, químicas o biológicas. Los productos **correctores**, como los fertilizantes o los agentes de humedecimiento, algunas veces son agregados durante el proceso de mezclado. Por propósitos de claridad, un componente de medio de crecimiento, usualmente constituye un elevado porcentaje (>10%) de la mezcla, mientras que un producto corrector es definido como un material suplementario que contribuye con menos del 10% al sustrato (Gladon, 1988) (los productos correctores serán tratados en la sección 2.2.6).

La encuesta sobre contenedores, reveló que únicamente 5 materiales fueron los más usados como medios de crecimiento en los viveros forestales de los Estados Unidos y Canadá: turba de musgo, aserrín, arena, vermiculita y perlita.

Un sustrato típicamente utilizado actualmente en horticultura está compuesto por dos o tres componentes. Las mezclas de componentes orgánicos e inorgánicos son populares debido a que estos materiales poseen propiedades físicas y químicas opuestas, o aún complementarias. Beardsell *et al.* (1979) encontraron que algunas de las propiedades físicas de las mezclas de sustratos, como la capacidad de retención de humedad, pueden ser estimadas a partir de las características de sus componentes individuales.

2.2.4.1 Componentes orgánicos

Función del componente orgánico. Los materiales orgánicos son componentes deseables de los sustratos, pues generan una gran proporción de microporos, produciendo así una elevada capacidad de retención de humedad, además son lo suficientemente resilientes para resistir la compactación. La materia orgánica también tiene una elevada CIC, y por lo tanto, retiene iones nutrientes previniendo su lixiviación y, proporcionando un amortiguamiento contra los cambios rápidos en salinidad.

La cantidad de materiales orgánicos usados en los sustratos varía considerablemente, generalmente entre 25 a 50% (del volumen), pero a veces alcanza el 100% (Mastalerz, 1977). Joiner y Conover (1965), establecieron que la mejor

proporción de materia orgánica es de 40 a 50%, y Harlass (1984) reportó que las mezclas que contienen más del 50% de materia orgánica, pueden tener menos espacio poroso.

Aunque muchos diferentes tipos de materia orgánica han sido empleados como parte de los sustratos, cuando se producen especies ornamentales en contenedor (Mastalerz, 1977; Bunt, 1988), la turba de musgo es la más comúnmente usada como materia orgánica en los viveros forestales. Otro material, el aserrín, fue reportado en la encuesta sobre contenedores en viveros, pero sólo en dos viveros.

Turba de musgo. Aunque las muestras de turba de musgo pueden parecer similares, éstas pueden tener propiedades físicas y químicas muy distintas. Las turbas son formadas cuando plantas parcialmente descompuestas se acumulan bajo el agua en áreas con bajas temperaturas, bajos niveles de oxígeno y nutrientes (Peck, 1984). Las turbas pueden estar compuestas de varias especies de plantas, incluyendo musgos, juncos y pastos. La especie de planta, su grado de descomposición, la variación entre climas locales y la calidad del agua, contribuyen a imprimir diferencias en la calidad de las turbas y determinan su valor como un componente del medio de crecimiento (Mastalerz, 1977).

Hay varios sistemas de clasificación de turba; para propósitos hortícolas, son importantes la especie de planta y el grado de descomposición. La Sociedad Americana para la Prueba de Materiales (American Society for Testing Material, ASTM), utiliza un sistema de clasificación de 5 clases, fundamentado en el tipo de planta que compone a la turba y el contenido de fibra orgánica (Bunt, 1988; Mastalerz, 1977; Hellum, 1975). El analizar las propiedades químicas y físicas de la turba de musgo consume tiempo y es demandante técnicamente, por tanto los viveristas generalmente se fían de la información dada por los proveedores. Un procedimiento analítico recientemente desarrollado, el espectroscopio infrarrojo, puede determinar la composición botánica, grado de humificación, capacidad de intercambio catiónico, contenido de nitrógeno y otras propiedades físicas y químicas, a partir de una muestra de turba (Lehtovaara *et al.*, 1988). Algunas características físicas y químicas de los principales tipos de turba de musgo se muestran en el cuadro 2.2.7, y estos cuatro tipos pueden ser descritos como sigue.

1. Turba de musgo *Sphagnum*. Esta clasificación requiere un mínimo de 90% de materia orgánica como base de peso anhidro, con más de 75% del material compuesto de musgos del género *Sphagnum*. Hay aproximadamente 335 especies de musgos de este género en el mundo (Puustjarvi, 1975); Hellum (1975), reporta que tan solo en Alberta (Canadá) hay 25 especies, y que *S. fuscum* es uno de los más deseables. Los tallos y hojas presentes en la turba de musgo *Sphagnum* son característicos, y la estructura fibrosa unicelular es típica (fig. 2.2.8). Las hojas del musgo *Sphagnum* contienen un gran número de poros que forman un sistema capilar interno, capaz de almacenar grandes cantidades de agua disponible; en efecto, Peck (1984) estimó que el 93% del agua almacenada en estos espacios porosos internos, está disponible para las plantas.

Además de sus características físicas, los tipos de turba de musgo pueden ser identificados a partir de su origen geográfico. El musgo *Sphagnum* solamente crece en climas fríos del norte. Hellum (1975), establece que los pantanos con *Sphagnum* útil se encuentran solamente en el bosque boreal, y que la turba de pantano del sur de Alberta, Canadá, contiene una baja proporción de musgo *Sphagnum*, a causa de la alcalinidad de suelo y agua en esa región. Mucha de la turba de musgo producida en los Estados Unidos contiene una baja proporción de musgos del género referido, con excepción de aquella procedente de los estados del norte, como Minnesota, Michigan, Maine y Washington (Lucas *et al.*, 1965).

Existe una variación considerable en la calidad de la turba de musgo, aún dentro del tipo colectado de los pantanos con *Sphagnum*; Carlson (1983), establece que la calidad de la turba de musgo varía

no solamente entre pantanos distintos, también existe variación en sentido vertical, dentro de un mismo pantano. Scagel y Davis (1988) evaluaron las propiedades físicas y químicas de turbas empleadas en viveros forestales que producen en contenedor en Columbia Británica, y encontraron resultados muy variables. Una comparación en laboratorio de las propiedades físicas de cuatro marcas comerciales de turba de musgo *Sphagnum*, reveló diferencias significativas en muchas de sus propiedades (cuadro 2.2.8). Carlson (1983), proporcionó estándares para pruebas de propiedades físicas y, recomienda la ejecución de tales pruebas en todas las fuentes potenciales de turba.

Peck (1984), clasifica en dos los distintos tipos de turba de musgo *Sphagnum*: **turbas claras** (o turbas ligeras) y **turbas oscuras**. Las turbas ligeras de *Sphagnum*, son llamadas así por su color claro y por su ligereza en peso (Nota del Traductor: en inglés, light denota color claro o peso ligero); éstas poseen un elevado volumen de poros internos, del cual una gran proporción (15 a 40%) es clasificada como porosidad de aireación. Las turbas oscuras de *Sphagnum*, son el doble de pesadas que las turbas ligeras, y contienen un total de espacio poroso menor, con su correspondiente menor porosidad de aireación. La CIC de las turbas oscuras es aproximadamente el doble de la de las turbas ligeras de *Sphagnum*. Peck (1984), considera a las turbas oscuras como menos convenientes para el cultivo de plantas en contenedor a largo plazo, ya que son menos durables y menos resilientes que las turbas de colores claros o ligeras.

Cuadro 2.2.7 Característica de varios tipos hortícolas de turba de musgo.

Tipo de turba de musgo	Planta componente	Grado de descomposición	pH	Capacidad de retención de humedad (%)	Contenido de nutrientes minerales (% ceniza) (% N)		Densidad en seco (kg/m ³)
Turba <i>Sphagnum</i>	<i>Sphagnum</i> spp.	Muy bajo	3.0-4.0	1,500-3,000	1.0-5.0	0.6-1.4	72.1-112.1
Turba <i>Hypnum</i>	<i>Hypnum</i> spp.	Bajo	5.0-7.0	1,200-1,800	4.0-10.0	2.0-3.5	80.1-160.2
	<i>Polytrichum</i> spp.						
	<i>Sphagnum</i> spp.						
Turba de junco y caña	Cañas, juncos, pastos y espadañas	Medio	4.0-7.5	400-1,200	5.0-18.0	1.5-3.5	160.2-288.4
Turba de humus	No identificable	Alto	5.0-7.5	150-500	10.0-50.0	2.0-3.5	320.4-640.8

Fuente: modificado de Lucas *et al.* (1965).

Cuadro 2.2.8 Cuatro diferentes marcas de turba de musgo *Sphagnum* variaron en propiedades físicas, afectando el crecimiento de plantas de coníferas

Características físicas*	Marcas de turba de musgo <i>Sphagnum</i>			
	A	B	C	D
Peso saturado (g/l)	718.0	735.0	660.0	685.0
Peso anhidro después de saturación (g/l)	58.0	94.0	64.0	73.0
Contenido de cenizas (%)	4.3	9.0	8.0	9.1
Densidad (g/ml)	0.054	0.088	0.060	0.068
Gravedad específica (g/ml)	1.53	1.56	1.56	1.56
Porosidad total (%)	96.0	94.0	96.0	96.0
Capacidad de agua por volumen (%)	62.0	60.0	56.0	57.0
Capacidad de aire (%)	35.0	34.0	40.0	38.0
Proporción grueso-fino	0.35	0.17	0.34	1.60

*Los procedimientos para determinar estas características y los estándares aceptables son explicados a detalle en la fuente. Fuente: Carlson (1983).

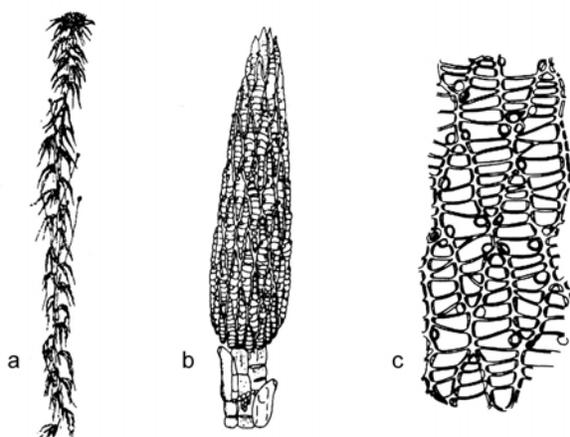


Figura 2.2.8 La turba de musgo se deriva de musgos del género *Sphagnum* (por ejemplo, *S. cuspidatum*), los cuales pueden ser identificados por la característica estructura porosa abierta de las células de sus hojas (a = planta, b = hoja, c = aumento de la estructura interna de la hoja) (modificado de Peck, 1984).

2. Turba de musgo *Hypnum*. La materia orgánica contenida en este tipo de turba de musgo excede el 90% del peso anhidro, y está compuesta en más del 50% por musgos del género *Hypnum* (Bunt, 1988). La turba de musgo *Hypnum* generalmente es menos cara que la turba de musgo *Sphagnum*, pero puede contener semillas de malas hierbas u hongos fitopatógenos a causa de las condiciones en que ésta se forma (Whitcomb, 1988). Mastalerz (1977), reportó que mucha de la turba producida en el norte de los Estados Unidos, contenía una elevada proporción de musgos *Hypnum*. Los musgos de este género se descomponen más rápidamente que los musgos del género *Sphagnum*, pero son utilizados en el medio de crecimiento de algunos cultivos hortícolas, específicamente para plantas intolerantes a la acidez (Peck, 1984). Los sustratos que contienen una elevada proporción de turba de musgo *Hypnum*, no son recomendables para las plantas que se producen en contenedor.

3. Turba de musgo, junco y caña. Estas turbas están formadas de juncos, pastos, y plantas de pantano similares; una muestra anhidra debe contener un mínimo de 33% en peso de estos materiales (Bunt, 1988). Las turbas de musgo, juncos y cañas, generalmente poseen una textura fina, más descompuesta, y es menos ácida que la turba de musgo *Sphagnum*. Mastalerz (1977), considera a esta clase de turba de musgo insatisfactoria para ser usada como medio de crecimiento, a causa de su rápida tasa de descomposición, fino tamaño de partículas y bajo contenido de fibra.

4. Turba de humus. La turba de humus incluye todos los tipos de turba de musgo que están en un estado de descomposición tan avanzado, que las plantas constituyentes ya no están reconocibles. La turba de humus, usualmente se deriva de turbas de juncos y cañas o de turba de musgo *Hypnum* (Lucas *et al.*, 1965), y está compuesta por menos de 33% de fibra total de turba (Bunt, 1988). Puesto que este tipo de turba de musgo contiene con frecuencia una elevada proporción de otros materiales como cieno y arcilla, está considerado como indeseable para su uso en medios de crecimiento (Mastalerz, 1977).

Aunque otros tipos de turba de musgo tienen algunas aplicaciones hortícolas, el del género *Sphagnum* es el único tipo que puede ser recomendado para la producción de plantas de especies forestales en contenedor (fig. 2.2.9A). Pruebas a nivel operativo realizadas para comparar medios de crecimiento conteniendo turba de musgo *Sphagnum*, con medios conteniendo otros tipos de turba de musgo, arrojaron marcadas diferencias en crecimiento (fig. 2.2.9B).

Además del efecto del tipo de plantas que la componen, la textura de la turba está determinada por la forma en que la turba es recolectada y procesada. Ésta puede ser recolectada en pantanos mediante diversos procesos, incluyendo

la corta de bloques y el minado hidráulico. La corta de bloques involucra el corte de trozos de turba del pantano para luego fragmentarla hasta obtener una textura apropiada, mientras que con el minado hidráulico se troza mecánicamente la turba y luego se draga el líquido del pantano (Hellum, 1975). El método de cosecha puede afectar las características físicas de la turba de musgo, especialmente su porosidad (Wilson, 1985). El minado hidráulico produce rompimiento de la estructura de las partículas de la turba, ocasionando que se compacte en mayor medida, con la consecuente pérdida en las porosidades total y de aireación (cuadro 2.2.9). La corta de bloques de turba, comúnmente es preferida para los sustratos en contenedor por su textura gruesa. La Asociación Americana para la Prueba de Materiales define a la turba gruesa como aquella que tiene partículas mayores a 2.38 mm (aproximadamente 0.1 pulgada) (Bunt, 1988).



A



B

Figura 2.2.9 Los sustratos que contienen turba de musgo *Sphagnum* (A y porción izquierda de B) son consistentemente superiores para la producción de especies forestales en contenedor, en comparación con los medios compuestos por turba de musgo de menor calidad (porción derecha de B).



Figura 2.2.10 Los viveristas algunas veces utilizan innovadoras fuentes de materia orgánica como sustituto de la turba de musgo en los sustratos. La corteza de helechos arbóreos ha sido usada como componente orgánico del medio de crecimiento en regiones tropicales, ya que la turba de musgo resulta muy cara en estas regiones.

Aserrín, corteza y otros materiales orgánicos composteados. Aunque la turba de musgo es el componente orgánico más comúnmente empleado como sustrato, en Estados Unidos y Canadá, otros materiales orgánicos tienen potencial, especialmente en climas más cálidos, donde el costo de la turba de musgo *Sphagnum* puede ser muy elevado (fig. 2.2.10). Los residuos de madera, incluyendo el aserrín, la corteza y las virutas de madera, son materiales orgánicos alternativos que pueden ser usados en los sustratos, dependiendo de la disponibilidad local y de su costo. Las aguas cenagosas y las compostas de hongos también han sido probadas en viveros ornamentales (por ejemplo, Chong *et al.*, 1988). Lippitt (1989) probó la cáscara del arroz como componente orgánico en un vivero forestal y reportó que tal material es barato, fácil de conseguir, consistente en calidad, resistente a la descomposición y se mezcla bien. Bunt (1988) y Mastalerz (1977), discuten compuestos orgánicos alternos que pueden ser usados como parte de medios de crecimiento en viveros ornamentales.

Cuadro 2.2.9 Comparación de las características de porosidad de turba de musgo obtenida con diferentes técnicas de cosecha.

Característica*	Método de cosecha	
	Corte de bloques	Minado
Porosidad total	95.4	91.8
Porosidad de aireación	46.0	32.5
Porosidad de retención de humedad	49.4	59.3
Agua fácilmente disponible	18.1	17.5

*Las unidades para cada característica son valores relativos obtenidos de mediciones al tamaño de las partículas. Fuente: adaptado de Wilson (1985).

A causa de su elevada relación carbono:nitrógeno (C/N), los residuos de madera deben ser composteados con correctores que provean nitrógeno suplementario, antes de ser utilizados (cuadro 2.2.10). La corteza fresca puede tener una proporción C/N de 300:1, por lo que es frecuentemente composteada antes de ser utilizada. Los materiales orgánicos varían considerablemente en sus tasas de descomposición, así como en la cantidad de nitrógeno requerida durante el composteo, aún para un mismo género de árbol (cuadro 2.2.11). Una excelente visión de la bioquímica y metodología del composteo, es proporcionada por Poincelot (1972); el composteo también es discutido a detalle por Mastalerz (1977), Bunt (1988), Whitcomb (1988) y Nelson (1978).

Cuadro 2.2.10 Nitrógeno requerido para el composteo de varios materiales orgánicos antes de usarse como componentes del sustrato.

Tipo de material orgánico	N (kg/m ³)
Turba de musgo <i>Sphagnum</i>	0.04
Corteza de <i>Sequoia sempervirens</i>	0.18
Aserrín de <i>Libocedrus decurrens</i>	0.47
Aserrín de <i>Sequoia sempervirens</i>	0.54
Aserrín de <i>Pseudotsuga menziesii</i>	0.44
Aserrín de <i>Pinus ponderosa</i>	1.19
Corteza de pino	1.48
Corteza de <i>Abies concolor</i>	1.90

Fuente: Johnson (1968).

Aserrín. El aserrín es usado en forma común en sustratos hortícolas, y usualmente es composteado antes de emplearlo. Sin embargo, debido a las diferencias inherentes entre maderas distintas por cuanto toca a propiedades químicas, la conveniencia del aserrín como componente orgánico de los sustratos es variable en extremo. Mastalerz (1977), establece que se conoce que el aserrín de *Libocedrus decurrens* (Incense-cedar), de *Juglans spp.* (walnut) o de *Sequoia sempervirens* (redwood) tiene efectos fitotóxicos directos, y Gates (1986) consigna que el aserrín de *Thuja plicata* (western redcedar) es tóxico para muchas plantas hortícolas. Stewart (1986), reporta que unas coníferas cultivadas en tipos turbosos de suelo, acumularon mayores niveles de manganeso, y que el aserrín de tales árboles es fitotóxico si esos materiales son empleados en los medios de crecimiento. Worrall (1976), investigó las propiedades del aserrín de varias especies de *Eucalyptus* y encontró que, aún para el mismo género, la presencia de productos tóxicos variaba entre especies (cuadro 2.2.11). Solamente el aserrín de aserraderos debería ser considerado como sustrato, pues otros residuos de madera pueden contener productos químicos preservadores u otros productos dañinos. El aserrín de aserraderos enclavados en las costas puede contener elevados niveles de sales, que pueden resultar dañinas para el cultivo de las plantas (Gates, 1986). Obviamente, el aserrín ha de ser analizado químicamente antes de ser incorporado al sustrato. Otro problema potencial es la uniformidad en el tamaño de las partículas; el análisis del tamaño de las partículas de aserrín ha revelado una considerable variabilidad (Scagel y Davis, 1988).

Cuadro 2.2.11 La conveniencia del aserrín como componente del sustrato puede variar, incluso en árboles del mismo género

Especie de árbol	Concentración relativa de toxinas	Nitrógeno relativo retenido
<i>Eucalyptus pilularis</i>	8.2	1.0
<i>E. andrewsii</i>	6.5	1.2
<i>E. microcorys</i>	6.1	1.1
<i>E. radiata</i>	4.5	1.2
<i>E. saligna</i>	1.3	1.4

Fuente: modificado de Worrall (1976).

Corteza. La corteza probablemente es el más promisorio de los materiales orgánicos alternativos; cuando es preparada adecuadamente, tanto la de pinos como la de especies latifoliadas, encuentra amplia aceptación como componente de los medios de crecimiento, en los viveros ornamentales que producen en contenedor (Bunt, 1988; Mastalerz, 1977; Bilderback, 1982). Pokorny (1979), revisó las propiedades hortícolas de la corteza de pino, y Stewart (1986) describió la producción de un producto de corteza de pino comercialmente disponible, comercializado internacionalmente como "Cambark®". Un producto similar (Peatgro®) basado en corteza, está siendo usado para producir plantas en contenedores en Sudáfrica (Nelson, 1989).

La corteza de pino es ácida por naturaleza, tiene una baja fertilidad inicial, y también posee muchas otras propiedades benéficas (cuadro 2.2.1). Comúnmente, la corteza es agregada al sustrato para incrementar la porosidad de aireación; tanto más se incrementa la proporción de corteza en un medio de corteza-vermiculita, el porcentaje de espacios con aire aumenta significativamente (Lennox y Lumis, 1987). Pokorny (1987), encontró que las partículas de corteza tienen una porosidad interna de 43%, la cual proporciona agua para el crecimiento de la planta. La corteza composteada tiene una CIC mucho mayor que la corteza sin compostear, y también se ha demostrado que suprime la actividad de hongos fitopatógenos (Hoitink, 1980). Comparados con las mezclas estándar de turba-vermiculita, los medios de crecimiento que contienen corteza de pino, tienen una significativa menor mortalidad de plantas después de la inoculación con especies de *Pythium* y de *Fusarium* (Pawuk, 1981). En otros casos, la corteza puede reemplazar a la turba por razones de economía o de disponibilidad. Milbocker (1987) estimó el costo de la corteza de pino en la mitad del costo de la turba de musgo *Sphagnum*.

La corteza usualmente es incorporada en una mezcla con otros componentes. Stewart (1986), recomienda agregar 25 a 50% de corteza de pino a

la turba de musgo para formar un sustrato bien estructurado. El tamaño de las partículas de la corteza es importante, y Whitcomb (1988) recomienda pasar la corteza por un molino de martillo, con una criba de 2 a 2.5 cm (0.75 a 1.0 pulgadas) para producir el intervalo deseable en el tamaño de las partículas. Handreck y Black (1984) recomiendan una mezcla de tamaños de corteza de pino, incluyendo entre un cuarto a un tercio dentro del intervalo menor a 0.5 mm (0.02 pulgadas).

Una de las mayores desventajas de la corteza es su variabilidad. Se han reportado problemas en los viveros para obtener un abastecimiento regular de corteza con calidad consistente (Lippitt, 1989). Otros dos problemas potenciales relativos al uso de la corteza, son la deficiencia de nitrógeno y la presencia de toxinas orgánicas o inorgánicas (Bunt, 1988). El composteo de la corteza con fertilizante nitrogenado suplementario, provee el nitrógeno que los microorganismos necesitan durante la descomposición. La posibilidad de fitotoxicidad y su nivel dependen de la edad de la corteza, la época de su recolección, la especie de la cual procede, y la ubicación geográfica. La fitotoxicidad aparentemente está relacionada con el contenido de monoterpeno o manganeso de la corteza. Más información, así como tratamientos para la fitotoxicidad son dados por Bunt (1988).

Aguas negras cenagosas. Las aguas negras cenagosas son otro material orgánico que ha sido usado como componente de los medios de crecimiento, en los viveros hortícolas. El cieno es un material extremadamente variable, dependiendo de los materiales involucrados y del estado de procesamiento. Chong *et al.* (1988), cultivaron dos plantas leñosas ornamentales tanto en cieno primario como secundario, de dos papeleras diferentes. Estos autores reportaron que el contenido de nutrientes minerales de estos productos cenagosos fue variable, especialmente en nitrógeno, lo que originó un crecimiento irregular de las plantas. Simpson (1985) probó una composta de aguas negras cenagosas y de desechos de madera, para la producción de plantas de coníferas, pero encontró que este medio resultó inferior que el medio de crecimiento estándar de turba-vermiculita.

2.2.4.2 Componentes inorgánicos

Función del componente inorgánico. Los materiales inorgánicos son agregados a los sustratos para producir y mantener un sistema estructural de macroporos, que promueva la aireación y el drenaje, y que disminuya la capacidad de retención de humedad (Mastalerz,

1977). Muchos componentes inorgánicos poseen una CIC muy baja y proveen una base químicamente inerte para el medio de crecimiento. Los materiales inorgánicos con elevadas densidades, como la arena, son usados para proveer estabilidad a los contenedores grandes e individuales de los viveros ornamentales.

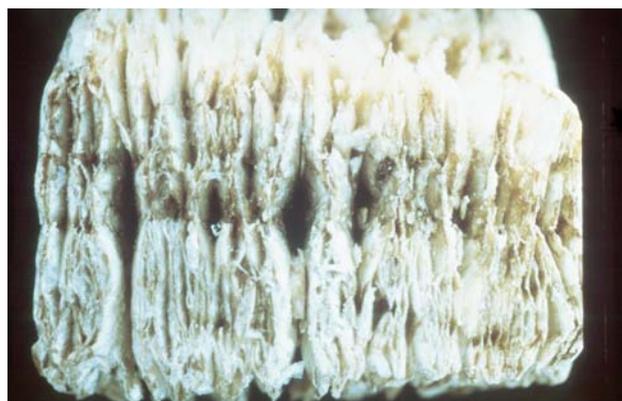
Tres materiales son utilizados en forma rutinaria como componentes inorgánicos de los sustratos, en los viveros de los Estados Unidos y Canadá que producen en contenedor: vermiculita, perlita y arena. De acuerdo con la encuesta sobre contenedores, realizada en 1984, la vermiculita es, con mucho, la más empleada, seguida por la perlita, en tanto que la arena únicamente fue mencionada por un vivero.

Vermiculita. La vermiculita es un mineral, silicato de aluminio-hierro-magnesio, que se obtiene en minas de los Estados Unidos y África, el cual consiste de una serie de placas delgadas y paralelas. Después de que la vermiculita es extraída, es sometida a un intenso calor (superior a los 1,000 °C o a los 1,832 °F), lo cual provoca la expansión de las partículas unas 15 o 20 veces, en comparación a su volumen original, y les provee de una estructura tipo acordeón (Bunt, 1988) (fig. 2.2.11).

La vermiculita tiene muchas propiedades únicas que la hacen muy útil para propósitos hortícolas (cuadro 2.2.1): es ligera en peso y su estructura en placas genera una elevada proporción superficie/volumen, produciéndose con esto una gran capacidad de retención de humedad. Las placas contienen numerosos sitios para retener cationes, tanto externa como internamente, lo que produce una elevada CIC; tal propiedad es única para los componentes de medios de crecimiento inorgánicos, que son típicamente inertes. Bunt (1988) reporta que, aunque la vermiculita aparentemente no tiene capacidad de intercambio aniónico, ésta puede adsorber fosfato en formas disponibles. La vermiculita contiene algo de potasio y de magnesio, los cuales son lentamente liberados para ser aprovechados por la planta. Debido a las elevadas temperaturas involucradas en su procesamiento, la vermiculita es estéril por completo. El pH de la vermiculita es variable, si bien normalmente se encuentra dentro de un intervalo neutral (pH de 7.0), muy alto para muchas especies de coníferas. Pero esto no representa problema alguno, pues la vermiculita normalmente es mezclada con materiales orgánicos más ácidos, como la turba de musgo *Sphagnum* (Biamonte, 1982; Mastalerz, 1977).



A



B

Figura 2.2.11 Las partículas de vermiculita hortícola (A) se asemejan a acordeones, a causa de su estructura expandida de placas paralelas (B), con la que se crea una extensa superficie interna (B, cortesía de Biamonte, 1982).

Mastalerz (1977), recomienda que sólo se empleen los tipos hortícolas de vermiculita como parte de los sustratos, ya que los tipos de vermiculita aislante con frecuencia son tratados con productos químicos repelentes al agua. El autor, sin embargo, ha usado sin problemas este tipo de vermiculita y, Goodwin (1975) también recomienda su uso en sustratos para contenedores. Tinus y McDonald (1979), establecen que la vermiculita vendida como lecho para aves de corral o para el sellado de desvanes, no solamente es aceptable, sino que también resulta barata. Sin embargo, la vermiculita tipo "bloque lleno" ha sido tratada con repelentes al agua, y no debe ser utilizada. Desde luego, los viveristas deben probar la vermiculita o cualquier otro componente del sustrato antes de usarlo a gran escala.

La vermiculita es producida en cuatro tipos, con base en el tamaño de las partículas, que determina la proporción relativa de porosidad de aireación y porosidad de retención de humedad (cuadro 2.2.12). Los tipos 2 y 3 son los más usados en los medios de crecimiento; el tipo 2 es preferido cuando se desea una mayor porosidad de aireación, mientras que el tipo 3 produce una mayor porosidad de retención de humedad. Debe enfatizarse que cada tipo de vermiculita normalmente contiene un intervalo de tamaño de partículas, dependiendo del tamaño de los tamices utilizados en la manufactura. En varios viveros del noroeste de los Estados Unidos, se ha comparado el crecimiento de plantas de coníferas en sustratos que contienen los grados 2 o 3 de vermiculita, y se ha encontrado un mejor crecimiento en el grado 2. Tinus y McDonald (1979), recomiendan el grado 1 para contenedores de 164 cm³ (10 pulgadas cúbicas) o mayores, y el grado 2 para los contenedores más pequeños. Las partículas de vermiculita son inestables estructuralmente en un medio húmedo, y pueden comprimirse a través del tiempo (Ward *et al.*, 1987). Por esta razón, la vermiculita no debe ser usada sola, ni con arena, y debe ser mezclada con perlita o turba, que dan resistencia contra la compactación (Bunt, 1988).

Perlita. La perlita es un mineral, silicato de aluminio, de origen volcánico, el cual es obtenido en minas de varios países, incluyendo los Estados Unidos y Nueva Zelanda. Después de ser extraído, el mineral es aplastado y expuesto a temperaturas tan altas como 1,000 °C (1,832 °F), produciéndose partículas blancas y ligeras en peso (fig. 2.2.12).

La perlita posee muchas características útiles que la hacen deseable como medio de crecimiento (cuadro 2.2.1). Una de tales propiedades únicas es

su estructura de celdas bien cerradas: el agua se adhiere sólo en la superficie de las partículas de perlita, y por tanto el sustrato que contenga perlita tendrá buen drenaje, además de ser ligero en peso. La perlita es también rígida y no se comprime con facilidad, lo cual promueve una buena porosidad. Comparada con otros dos componentes inorgánicos como la arena y las piedrecillas, la perlita aumenta la porosidad de aireación de un sustrato basado en turba (Ward *et al.*, 1987). Debido a las elevadas temperaturas a que es sometida durante su procesamiento, la perlita es completamente estéril. La perlita esencialmente es infértil, casi no contiene nutrientes para las plantas (cuadro 2.2.13), y tiene una CIC mínima (Bunt, 1988; Moore, 1988). El pH de la perlita está en un intervalo alrededor de la neutralidad (cuadro 2.2.1), lo cual no es significativo porque ésta normalmente es mezclada con un producto ácido, la turba de musgo *Sphagnum* (Nelson, 1978).

De acuerdo con la encuesta sobre contenedores en viveros, la perlita es un componente menor de los sustratos en los viveros forestales, comprendiendo del 10 al 30% de la mezcla. La perlita usualmente es agregada a componentes orgánicos, como la turba de musgo, a efecto de incrementar la porosidad de aireación, lo cual es de especial importancia en contenedores de pequeño volumen utilizados en los viveros forestales que producen en contenedor. Los tipos de perlita no están estandarizados, pero los tipos 6, 8 o el "tipo propagación" son comúnmente usados en los medios de crecimiento (cuadro 2.2.13). Los tipos de perlita tampoco son uniformes y contienen un intervalo de tamaños de partículas, dependiendo de los tamaños de los tamices utilizados en su manufactura.

Cuadro 2.2.12 Características físicas de varios grados de vermiculita.

Grado	Densidad (kg/m ³)	Tamaño de tamiz en los E.U.A.	Intervalo de tamaños de partículas (mm)	Porosidad de aireación (%)	Retención de agua	
					(% peso)	(% vol.)
1	64.1-112.1	3/8-16	1.2-10.0	44.3	297	30.7
2*	64.1-128.2	4-30	0.6-4.7	40.4	412	39.0
3*	80.1-144.2	8-100	0.1-2.4	29.9	530	52.4
4	96.1-176.2	16-100	0.1-1.2	24.5	499	54.4

*Grados hortícolas estándares.

Fuente: adaptado de Biamonte (1982).



Figura 2.2.12 A causa de su cerrada estructura en celdas, que repele el agua, la perlita es agregada con frecuencia a los medios de crecimiento con el fin de incrementar la porosidad de aireación y el drenaje.

Cuadro 2.2.13 Composición elemental y grados hortícolas de la perlita

Elemento	Composición promedio (%)	
Oxígeno	47.5	
Silicio	33.8	
Aluminio	7.2	
Potasio	3.5	
Sodio	3.4	
Hierro	0.6	
Calcio	0.6	
Magnesio	0.2	
Elementos traza	0.2	
Agua retenida	3.0	
Total	100.0	

Grado*	Tamaño promedio de la partícula (mm)	Etiquetado comercial
No. 6	3.35	Tipo hortícola-grueso
No. 8	1.70	Tipo hortícola-fino
Propagación	3.20	Tipo propagación

* No hay grados estándares de perlita, por lo cual cada fabricante tiene su propio sistema de clasificación. Fuente: Instituto Perlita (1983).

La perlita tiene un par de desventajas operativas. Los tipos hortícolas pueden contener cantidades considerables (4% del peso) de partículas muy finas (Maronek *et al.*, 1986), lo cual causa irritación ocular e irritaciones pulmonares durante el mezclado, a menos que la perlita haya sido humedecida previamente. Debido a su estructura con celdas cerradas, la perlita tiene la tendencia a flotar en la parte superior del medio de crecimiento durante el riego (Mastalerz, 1977); esto normalmente no representa un problema por las pequeñas porciones empleadas en los sustratos de plantas, que son producidas en contenedor. Gates (1986) reporta que las partículas de perlita tienden

a aglutinarse sobre las paredes de los contenedores en bloque de poliestireno expandido, lo cual puede causar daño a los cepellones cuando las plantas son extraídas.

Otros materiales inorgánicos. Otros materiales inorgánicos que han sido usados como parte de los medios de crecimiento en viveros hortícolas, incluyen arena, piedra volcánica (fig. 2.2.13), carbonillos, arcillas calcinadas (expandidas con calor), lana de piedra, hojuelas de poliestireno y partículas de espuma. El uso de cualquiera de estos materiales dependerá de su costo y disponibilidad, pero se ve difícil que cualquiera de éstos pueda suplantar a la perlita y a la vermiculita, como los componentes inorgánicos primarios en los viveros norteamericanos que producen en contenedor.

La arena fue uno de los materiales más empleados en muchas de las recetas originales para sustratos hortícolas. Es uno de los materiales más fácilmente disponibles que pueden ser utilizados en los medios de crecimiento, y es relativamente barato. Las recomendaciones sobre su tamaño son considerablemente variables: Whitcomb (1988), recomienda un tamaño de partículas uniforme, de entre 2 a 3 mm (0.06 a 0.12 pulgadas), mientras que Matkin y Chandler (1957) especifican arenas finas con diámetros de 0.05 a 0.5 mm (0.002 a 0.02 pulgadas). Swanson (1989), recomienda que el 60% de las partículas de arena midan entre 0.25 y 1.00 mm (0.01 a 0.04 pulgadas), con menos del 3% menores a 0.1 mm (0.004 pulgadas), o mayores a 2 mm (0.08 pulgadas). Aunque las arenas frecuentemente son empleadas para incrementar la porosidad, las partículas pequeñas de arena pueden alojarse en los espacios porosos existentes, y reducir así la aireación y el drenaje (Ward *et al.*, 1987). La arena puede agregar estabilidad a contenedores libres. Algunas arenas están contaminadas con carbonato de calcio, el cual aumenta el pH y origina problemas en la disponibilidad de nutrientes (Bunt, 1988). Aunque el pH no siempre es un buen indicador del contenido de CaCO₃ (Ward *et al.*, 1987), los viveristas pueden probar arenas agregando una gota de ácido diluido o incluso vinagre fuerte; una reacción efervescente indica la presencia de CaCO₃.

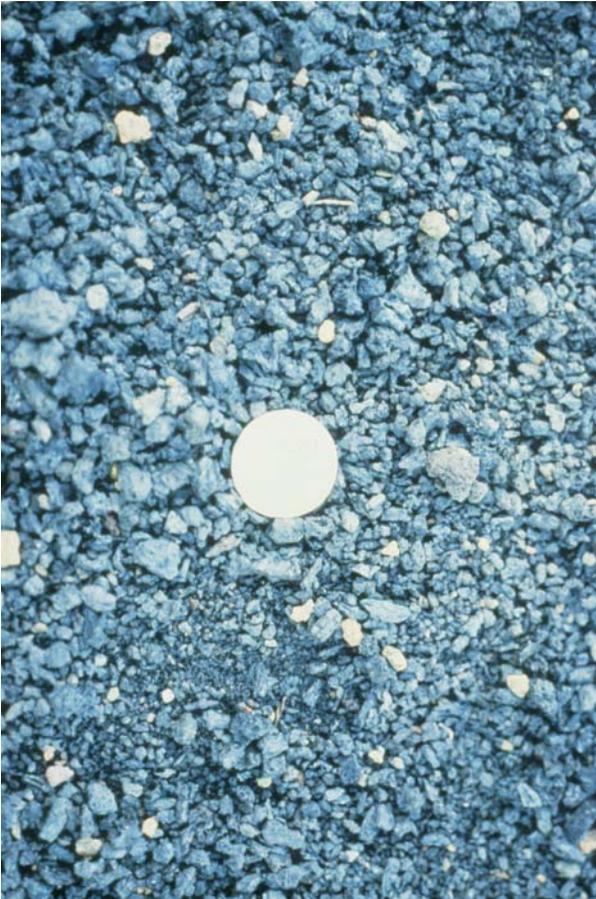


Figura 2.2.13 La espuma volcánica es otro material nativo que está siendo usado como componente inorgánico de los medios de crecimiento; ésta tiene propiedades físicas semejantes a las de la perlita.



2.2.5 Seleccionando un Medio de Crecimiento

2.2.5.1 Interacciones entre el medio de crecimiento y las prácticas culturales

Debido a las diversas características de la variedad de componentes de los medios de crecimiento, un viverista que produce en contenedor puede formular un sustrato con casi cualquier propiedad deseada. No obstante, las propiedades físicas, químicas y biológicas de cada medio de crecimiento son diferentes, y también son afectadas por las prácticas culturales en el vivero, particularmente el riego, la fertilización y el tipo de contenedor. Incluso la duración de la etapa de cultivo debe ser contemplada. Scagel y Davis (1988), concluyeron que los viveristas deben ajustar sus prácticas culturales, a causa de la variabilidad física y química entre diferentes medios de crecimiento. Carlson (1983), evaluó cinco marcas distintas de turba de musgo *Sphagnum* procedentes de Canadá, y halló que cada marca implicaba ligeras modificaciones en las prácticas de cultivo, para producir un óptimo crecimiento en plantas de *Picea* y de *Pinus*.

Prácticas de riego y fertilización. Las propiedades de retención de humedad y de disponibilidad de nutrientes de un sustrato están en función de sus diferentes componentes, así como de sus interrelaciones. Hoyle (1982), estudió el efecto de la técnica de riego, el tipo de fertilizante, y el tipo de sustrato en el crecimiento de plantas de *Betula alleghaniensis* (yellow birch). Utilizando dos tipos diferentes de medios de crecimiento basados en turba de musgo, dicho autor cultivó plantas de esta especie bajo dos tipos de sistemas de riego y tres tratamientos de fertilización. El crecimiento de las plantas varió significativamente entre los dos medios de crecimiento, dependiendo del sistema de riego y del tratamiento de fertilización que se aplicaba (fig. 2.2.14). El viverista que produce en contenedor, debe adaptar los regímenes de riego y de fertilización a las características del sustrato, y tendrá que alterar tales prácticas culturales si el medio es cambiado. Colombo y Smith (1988), cultivaron dos especies de coníferas en medios de crecimiento que contenían turba de musgo, de fuentes locales o comerciales, aplicando varias proporciones distintas de fertilización (fig. 2.2.15). Aunque las respuestas en crecimiento difirieron entre las especies, las plantas de mayor tamaño fueron aquellas cultivadas en el medio con turba de musgo comercial y vermiculita; los autores atribuyeron esta promoción del crecimiento a la mejor aireación y drenaje. Las prácticas de riego tuvieron que ser ajustadas al término de la estación de crecimiento,

a causa de los cambios en la capacidad de retención de humedad del sustrato con turba y perlita (Langerud y Sandvik, 1988). Scagel (1989) concluye que muchos problemas de los medios de crecimiento pueden ser atribuidos a las deficientes prácticas de riego, más que al propio sustrato.

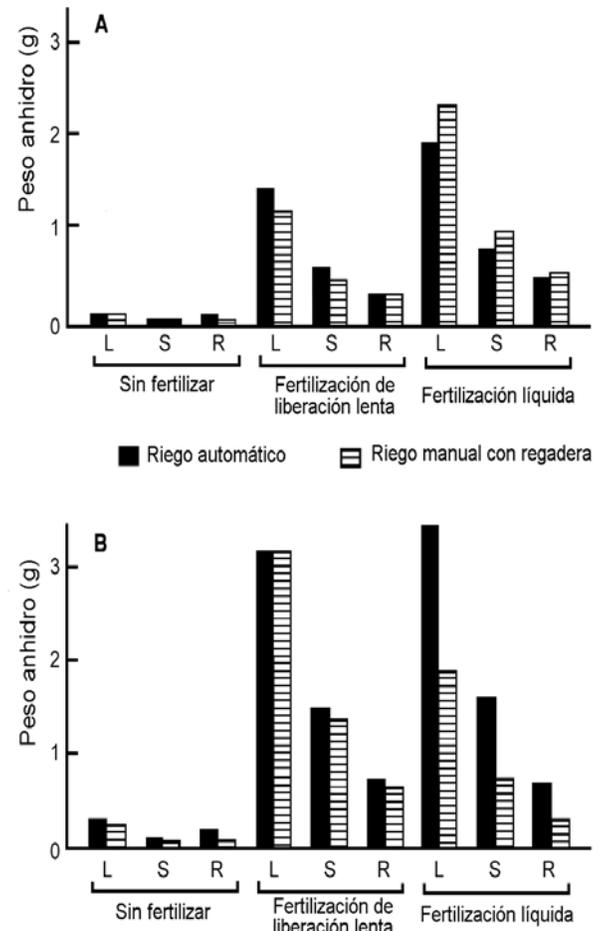


Figura 2.2.14 El crecimiento de plantas de *Betula alleghaniensis* (yellow birch) (L = hojas, S = tallos, R = raíces), fue afectado por las interrelaciones del medio de crecimiento, el tipo de sistema de riego y el tipo de fertilizante (adaptado de Hoyle, 1982). **A**, turba-perlita; **B**, turba-vermiculita.

Tipo de contenedor. Debido a la tabla de agua que es inherente al cultivo en contenedor, el tipo de éste último afectará la funcionalidad del medio de crecimiento. Los contenedores pequeños tienen una mayor proporción de su volumen en condición saturada, y por tanto requieren de un sustrato con una mayor porosidad de aireación que los contenedores grandes. Los contenedores con paredes porosas, como el paperpot, tienen diferentes relaciones hídricas y nutricionales que los contenedores impermeables, y por ello requieren un sustrato con mayor porosidad de aireación, y un régimen de riego diferente a los de los contenedores con paredes sólidas (Ver capítulo 2, volumen cuatro de este manual para una mayor discusión acerca del manejo del agua en los contenedores).

Etapas de cultivo. Muchos viveros que usan contenedores producen más de un cultivo por año, y el tipo de sustrato puede requerir ser formulado en forma diferente para distintos ciclos de cultivo. Harlass (1984), reporta que los medios de crecimiento con altas capacidades de retención de humedad, no deben ser utilizados durante los períodos de baja luminosidad de otoño o invierno, porque las bajas tasas de evapotranspiración durante estos períodos, pueden conducir a condiciones de saturación de humedad. Un medio más poroso es mejor para los cultivos de otoño e invierno, mientras que un sustrato con una elevada capacidad de retención de humedad, es mejor para los cultivos de primavera y verano.

2.2.5.2 Consideraciones prácticas

Los viveristas forestales que producen en contenedor, enfrentan muchas consideraciones diferentes, cuando tienen que seleccionar un sustrato que pueda ajustarse a sus regímenes de cultivo. Las características culturales y operativas que fueron discutidas en la sección 2.2.3 (cuadro 2.2.14) deben ser evaluadas y comparadas para que el sustrato resultante, tenga las propiedades deseadas. No obstante, sobre una base práctica, son dos los factores más relevantes cuando se está seleccionando el medio de crecimiento: costo y disponibilidad del medio, así como su funcionalidad para la planta.

Costo y disponibilidad. Independientemente de las propiedades de los componentes específicos de los medios de crecimiento, el viverista debe ser capaz de hallar y poder adquirir los materiales respectivos. El costo es un factor relativo, y los viveristas deben considerar todos los aspectos de la situación. Muchos materiales utilizados en los sustratos, no son necesariamente caros; el costo de un componente específico del medio de crecimiento está más relacionado con los costos de transporte, que a su vez son función de características como peso y volumen. Pedidos de grandes cantidades de sustrato o de sus componentes, pueden reducir marcadamente el costo unitario (fig. 2.2.16). Materiales como la arena están fácilmente disponibles y son baratos, pero son tan pesados que los costos de manejo y de transporte frecuentemente son muy elevados. Otros componentes de los sustratos, como la vermiculita, tienen un gran volumen relativo que también incrementa los costos de transporte. Algunos materiales componentes son únicos para una área en particular del país, de manera que los viveristas primero deben considerar materiales locales, antes de importar componentes de medios de crecimiento de alguna otra localidad. Los

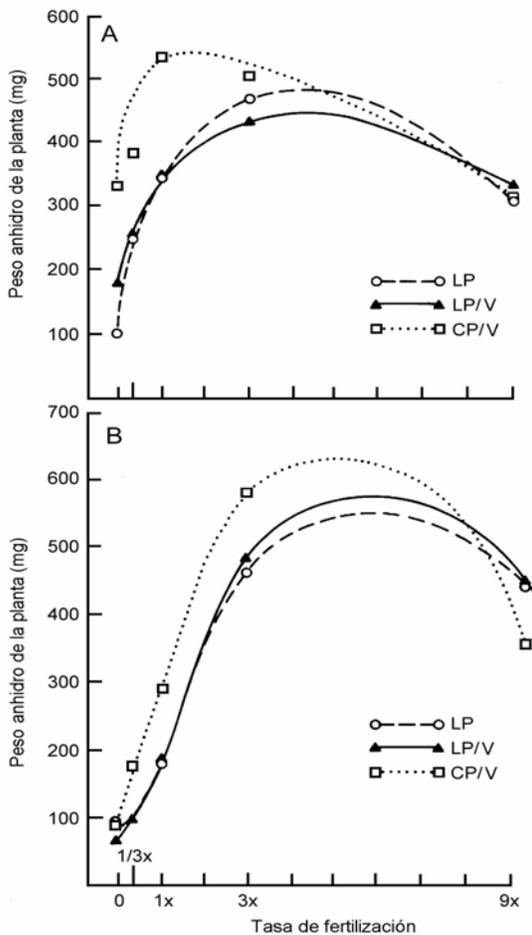


Figura 2.2.15 Tanto *Picea mariana* (black spruce)(A), como *Pinus banksiana* (jack pine)(B), crecen mejor en un medio de turba de musgo y vermiculita comercial (CP/V), que en un medio compuesto por turba de musgo local (LP), o de turba de musgo local y vermiculita (LP/V), cuando son fertilizados a un tercio (1/3x) de la tasa normal, la tasa normal (x) y a tres veces ésta (3x); la fertilización más elevada (9x) reduce el crecimiento en todos los sustratos (Adaptada de Colombo y Smith, 1988).

viveristas han desarrollado muchos usos innovadores para materiales orgánicos de desecho, que pueden ser sustitutos para la turba de musgo en los sustratos (Mastalerz, 1977). Los viveristas forestales de algunas islas del Pacífico que producen en contenedor, están investigando materiales nativos como medios de crecimiento, tales como la espuma volcánica y la corteza fibrosa de helechos arbóreos, ya que cualquier material de importación resulta bastante caro.

La decisión de comprar un sustrato que ya venga mezclado, o de hacer la propia mezcla a partir de componentes individuales (**mezcla hechiza**), es en primer término una cuestión relacionada con los costos de los materiales, y con la disponibilidad de equipo para realizar el mezclado. Comúnmente, los paquetes de turba de musgo y vermiculita pueden ser adquiridos más baratos que un mismo volumen de medio comercial. Sanderson (1983), reporta que el sustrato previamente empaquetado, puede resultar en un costo hasta cuatro veces mayor que el de la mezcla hechiza; asimismo Goodwin (1975), estima que un medio hechizo de turba-vermiculita, puede ser preparado con un tercio del costo del medio comercial. La verdadera consideración económica son los costos de mano de obra y del equipo para elaborar la mezcla; a causa de que tales costos varían entre viveros, no hay una comparación estándar de los mismos, por lo que cada viverista deberá realizar sus propios cálculos.

Whitcomb (1988), refiere que la mezcla hechiza de sustratos puede involucrar costos significativos por mano de obra. Kusey (1989), refiere varios costos ocultos de diversa índole que deben ser considerados, cuando se hace una comparación entre un medio de crecimiento comercial y la mezcla hechiza.

Nuevamente, a causa de que el sustrato es solamente un factor cultural de una serie interrelacionada de éstos, que afectan el crecimiento de la planta en el vivero, el viverista prudente debe contemplar el escenario general, antes de tomar una decisión sobre aspectos económicos de alguna práctica en particular. La combinación de prácticas culturales que lleven a producir planta de la mejor calidad en el menor período de tiempo, y a un costo aceptable, será la más económica en la evaluación final. Kusey (1989), concluye que las pequeñas diferencias en la calidad de los sustratos, al final pueden reflejarse en pérdidas significativas en la calidad de la planta.

Aptitud de la planta. Debido a las complejas relaciones entre los medios de crecimiento y las prácticas culturales, los viveristas deben realizar pruebas operativas con diferentes sustratos, bajo sus propios regímenes de cultivo. Desde luego, por razones de tiempo y de espacio, no es posible que cada vivero aborde una complicada serie de experimentos para todos los tipos de sustratos, así que inicialmente los viveristas deben confiar en las recomendaciones provenientes de la literatura, o en las de otros viveros.



Figura 2.2.16 Los componentes más populares de los sustratos pueden ser pedidos en grandes cantidades, como estos sacos de turba de musgo comprimida; un almacenamiento adecuado es esencial para evitar la contaminación.

Deben hacerse pequeñas pruebas operativas, usando diferentes sustratos para las diferentes especies y ciclos de cultivo. Los viveros que han establecido estas pruebas, con frecuencia han descubierto diferencias considerables en el rendimiento de la planta (fig. 2.2.9B).

En el análisis final, el mejor medio de crecimiento para un vivero en particular involucrará todos los factores de la tabla 2.2.14, y estará ajustado y a la medida del régimen de cultivo del vivero específico.

Cuadro 2.2.14 Clasificación de calidad para algunos componentes de sustrato estándares, con base en características culturales y operativas

Características del medio de Crecimiento	Componentes del medio de crecimiento				
	Inorgánico			Orgánico	
	Arena o piedra pómez	Vermiculita	Perlita	Turba de musgo	Aserrín o corteza
Culturales					
pH ligeramente ácido	V	0	0	+	V
Elevada CIC	—	+	—	+	+
Baja fertilidad básica	+	+	+	V	+
Grandes poros para aireación y drenaje	+	V	+	V	V
Pequeños poros para la capacidad de retención de humedad	—	V	—	+	+
Libre de plagas	V	+	+	V	V
Operativas					
Densidad	+	—	—	—	—
Disponibilidad	+	V	V	V	+
Costo	+	V	V	V	+
Uniformidad/reproducibilidad	V	+	+	V	V
Durabilidad/almacenable	+	+	+	+	V
Cambios en volumen	+	+	+	V	V
Mezclado/ llenado	+	+	+	V	V
Capacidad de rehumedecimiento	+	+	+	—	—
Formación del cepellón	—	+	—	+	V

Calificación: + = efecto positivo, — = efecto negativo, 0 = sin efecto, V = efecto variable.

2.2.5.3 Medios de crecimiento comerciales

Existen muchas marcas comerciales de sustratos en el mercado. Harlass (1984) refiere 54, Judd (1983) revisó los componentes de 32 marcas, y Sanderson (1983) discute los componentes y propiedades nutricionales de 23 productos diferentes, disponibles comercialmente. Algunos de estos productos están formulados especialmente para un cultivo hortícola específico, en tanto que otros, son de naturaleza más genérica. Pocas compañías ofrecen un sustrato específicamente diseñado para plantas de especies forestales (fig. 2.2.17); el que tal medio especializado sea mejor que los tipos genéricos, solamente puede ser determinado a través de pruebas operativas en viveros. La encuesta sobre contenedores reveló que solamente 35% de los viveros que producen en contenedor, en Estados Unidos y Canadá, compraron marcas comerciales de sustratos.

Cuando se han evaluado diferentes marcas comerciales de medios de crecimiento, sólo aquellos basados en turba del género *Sphagnum* fueron considerados para el crecimiento de especies forestales. Lackey y Alm (1982), evaluaron cinco tipos de sustratos distintos, incluyendo dos marcas comerciales preparadas, conteniendo turba de musgo *Sphagnum*. A las plantas de *Pinus resinosa* (red pine) que fueron cultivadas en cada medio de crecimiento, les fueron medidas una serie de parámetros de crecimiento, y

también fueron calificadas en cuanto a la formación del cepellón y calidad de la planta. Los medios comerciales fueron consistentemente mejores. La Mezcla Forestry Mix®, fue superior para todos los factores de crecimiento, mientras que la Mezcla Jiffy Mix®, sólo resultó significativamente superior que los sustratos hechos (o hechos a la medida) en cuanto a la altura del tallo. La calificación de la calidad del cepellón y los índices de calidad de la planta, resultaron mejores para aquéllas cultivadas en los sustratos comerciales, consistentes en turba de musgo *Sphagnum* (cuadro 2.2.15).



Figura 2.2.17 Existen varias marcas comerciales de sustratos, algunas de las cuales están formuladas para cultivos específicos, incluyendo especies forestales.

Cuadro 2.2.15 Parámetros de calidad de plantas de *Pinus resinosa* (red pine) cultivadas en diferentes tipos de sustratos

Composición del sustrato	Diámetro del tallo (mm)	Altura del tallo (cm)	Peso del tallo (g)	Peso de la raíz (g)	Proporción Tallo/ Raíz	Calificación de calidad del cepellón	Índice de calidad
Mezclas hechizas (usando turba de musgo genérica)							
1:1 Turba de musgo-vermiculita	1.5ab	8.0a	0.86a	0.18a	4.95a	2.1	0.10
2:1 Turba de musgo-vermiculita	1.4b	7.9a	0.83a	0.16a	5.39a	1.9	0.09
3:1 Turba de musgo-vermiculita	1.4b	7.8a	0.80 ^a	0.17a	4.76a	2.1	0.09
Mezclas comerciales (usando turba de musgo <i>Sphagnum</i>)							
Mezcla Forestry® Mix	1.9c	9.7b	1.22b	0.36b	3.51b	3.9	0.19
Mezcla Jiffy® Mix	1.6a	8.9c	0.92a	0.19a	4.85 ^a	3.9	0.11

Los valores de cada columna que no tienen letras en común, exhibieron diferencias significativas con una P = 0.05.

Fuente: adaptado de Lackey y Alm (1982).

2.2.5.4 Medios de crecimiento hechizos

Con base en la encuesta, 65% de los viveros forestales en los Estados Unidos y Canadá, mezclan sus propios medios de crecimiento; en ello son usados principalmente cinco materiales: la turba de musgo del género *Sphagnum*, el aserrín, la vermiculita, la perlita y la arena. Con mucho, las mezclas de turba-vermiculita fueron las más populares (78%), seguidas por la turba pura (11%), por la mezcla turba-vermiculita-perlita (6%), y por la mezcla turba-perlita (2%). La proporción de turba de musgo *Sphagnum*-vermiculita en los sustratos osciló entre 1:1 a 3:1, siendo la proporción 1:1 la más popular.

Para las mezclas hechizas de sustrato, el autor recomienda una mezcla de turba de musgo *Sphagnum* de textura gruesa y vermiculita. Barnett y Brissette (1986), revisaron la literatura y hallaron que la mezcla turba de musgo *Sphagnum*-vermiculita, produce la mejor calidad de plantas en forma consistente. La turba de musgo *Sphagnum* es el único tipo de turba de musgo que se recomienda, aunque otros tipos de turba de musgo son más baratos. La vermiculita debe ser de grado 2 o 3, el primero a ser empleado para producir medios más porosos y bien drenados, mientras que el segundo a ser utilizado, para proporcionar una mayor capacidad de retención de humedad. Una baja proporción de perlita (10 a 30%) también puede ser agregada con el propósito de incrementar la porosidad de aireación de la mezcla.

2.2.5.5 Comparación de medios de crecimiento comerciales y sustratos hechizos

Control de calidad. Muchos proveedores comerciales han establecido estándares para que la calidad de distintos lotes de sustratos pueda mantenerse constante, pero los viveristas tienen

que depender de la integridad profesional y reputación del productor comercial. Kusey (1989), aboga por el uso de medios comerciales, porque los productores tienen programas de control de calidad rigurosos, y algunos inclusive tienen sus propias instalaciones para la realización de pruebas y de investigación. En el caso de las mezclas hechizas, sin embargo, los viveristas forestales que producen en contenedor tienen control directo sobre las propiedades de su sustrato, ya que la calidad de cada componente puede ser evaluada específicamente.

Capacidad para "afinar" el sustrato. Aunque existe una amplia selección de tipos y marcas de sustratos comerciales, los viveristas han reportado problemas para la obtención de medios preempacados con propiedades especializadas. Obviamente resulta antieconómico, para los productores comerciales a gran escala, alterar los componentes y operaciones de mezclado para abastecer pedidos pequeños. No obstante, algunas firmas locales han comenzado a producir mezclas hechizas de sustratos, y pueden trabajar con los viveristas para satisfacer sus necesidades individuales (fig. 2.2.17). Por otra parte, debido a que el viverista tiene el control sobre las proporciones y propiedades de los diferentes componentes, pueden prepararse lotes pequeños de sustrato hechizo, con propiedades físicas y químicas específicas, como el pH o la porosidad de aireación, para satisfacer los requerimientos biológicos de un cultivo en particular.

Tiempo y trabajo. Los medios comerciales pueden ser ordenados por adelantado en grandes cantidades, ahorrándose tiempo y trabajo durante la operación de llenado de los contenedores. Los viveros forestales pequeños que producen en contenedor, que frecuentemente no pueden invertir en equipo de mezclado o contratar personal extra

para hacer la mezcla, usualmente encuentran en los sustratos comerciales la opción más económica y conveniente. Aunque las mezclas hechizas pueden ser elaboradas por adelantado, muchos viveros mezclan sus medios como parte del proceso de llenado de los contenedores. La labor adicional y el costo del equipo especializado para el mezclado, deben ser considerados como parte del costo total del sustrato.

Incorporación de fertilizantes y otros productos correctores. Muchas marcas de sustratos comerciales contienen caliza para aumentar el pH de la mezcla hasta un valor óptimo, y otros contienen una carga inicial de nutrientes para promover un crecimiento temprano de la planta. Los humectantes frecuentemente son agregados a las mezclas comerciales para promover su humectabilidad. Los fertilizantes, agentes de humedecimiento y la caliza, agregados a los sustratos comerciales, pueden no ser deseables y pueden ser perjudiciales para el crecimiento de especies forestales; muchas marcas están formuladas para distintos cultivos de estas plantas (ver sección 2.2.6.3 para más detalles).

Mezclado uniforme. Los productores de mezclas comerciales tienen tanto el equipo adecuado como los conocimientos para producir un sustrato bien mezclado. Sin embargo, los viveristas pueden encontrar dificultad para obtener una mezcla uniforme, incluso la distribución de fertilizantes y otros materiales a incorporar, con algunos de los equipos utilizados para la elaboración de mezclas hechizas. El personal sin experiencia tiende a mezclar en exceso los lotes de los sustratos; el sobremezclado rompe la estructura física de las partículas del sustrato, acarreado problemas de compactación más adelante en la estación de cultivo (ver secciones 2.2.6.4 y 2.2.7).



2.2.6 Mezclado de Sustratos Hechizos - Procedimientos y Consideraciones.

El proceso de mezclado es una de las etapas más importantes en la formulación de sustratos hechizos; los componentes de la mejor calidad no resultarán útiles si el medio de crecimiento es mezclado inadecuadamente. Whitcomb (1988), enfatiza que el mezclado inapropiado es una de las principales causas de variación en la calidad de las plantas que son producidas en contenedor. Los procedimientos adecuados de operación, son tan importantes como la compra del tipo adecuado de equipo de mezclado. Kusey (1989), menciona que el mezclado debe ser llevado a cabo por trabajadores diligentes y con experiencia, que puedan supervisar fielmente la calidad de los sustratos de una manera confiable. La incorporación de fertilizantes y suplementos debe ser considerada, así como las formas de tratar al sustrato ante plagas que nacen en el suelo. La compactación de los sustratos merece atención especial, porque se ha demostrado que representa uno de los problemas más serios y es difícil de diagnosticar, en los cultivos de viveros que producen en contenedor.

2.2.6.1 Equipo y procedimientos

Mezclado de lotes pequeños. Los viveros pequeños frecuentemente no pueden invertir en equipo de mezclado especializado, y prefieren preparar manualmente lotes pequeños de sustrato. Nelson (1978), refiere que los lotes de más de 0.25 m³ (5 o 6 pies cúbicos) pueden ser mezclados, sobre una superficie limpia y dura, por trabajadores con palas.

Para mezclar los componentes, amontónelos uno encima de otro y agregue sobre el montón cualquier corrector que vaya a emplear. A continuación trabaje alrededor del borde del montón con una pala grande de cuchara, tomando una palada de material a un tiempo y volteándola sobre la parte superior del montón. Conforme el material es agregado encima del montón, se derrumba a los lados de éste y es mezclado. Asegúrese que el centro del montón sea mezclado mediante un movimiento gradual hacia un lado durante el proceso. Hay que humedecer el montón con agua a intervalos frecuentes durante el proceso de mezclado, para hacer al medio menos hidrofóbico. Continúe con el procedimiento hasta que se obtengan muestras bien mezcladas de la pila.

Mezclado mecanizado. Los viveros que regularmente requieren de grandes cantidades de

mezclas hechizas, deben comprar un mezclador o revolvedora. Se encuentran disponibles a escala comercial varias marcas de mezcladores y combinaciones de mezcladores/llenadores de contenedores. Whitcomb (1988), recomienda los mezcladores tipo paleta, los cuales tienen el cilindro estacionario, y dentro de éste un juego de paletas montadas mezclan los componentes. Handreck y Black (1984) prefieren los mezcladores de correa, que automáticamente alimentan con cada componente a una banda transportadora ajustable; el mezclado ocurre al fin de la banda, cuando los componentes caen dentro de un pequeño tambor que hace rotaciones lentamente, o directamente dentro de la mezcladora/llenadora. Las mezcladoras tipo barrena, las trituradoras, y las desmenuzadoras de suelo, no son recomendables porque rompen la estructura de las partículas y acaban con la porosidad (Judd, 1984; Bartok, 1985). El equipo de mezclado modificado, como son las revolvedoras de cemento portátiles (fig. 2.2.18A), con una capacidad de 0.1 a 0.2 m³ (3 a 6 pies cúbicos) o incluso los camiones para concreto (fig. 2.2.18B), con una capacidad de 4 a 8 m³ (5 a 11 yardas cúbicas), pueden ser convertidos a mezcladores de sustrato. Los mezcladores simples de lotes de sustrato pueden producir de 0.2 a 9.2 m³ (0.25 a 12 yardas cúbicas) de sustrato por hora, en comparación con los sistemas continuos de mezclado, que pueden producir más de 38.2 m³ (50 yardas cúbicas) por hora (Bartok, 1985).

Cualquier equipo de mezclado debe ser modificado con boquillas aspersoras para que el sustrato pueda ser humedecido gradualmente, y con inyectores de aire vaporizado, para su pasteurización (Nelson, 1978). La esterilidad debe ser mantenida durante todo el proceso de mezclado, tanto para los componentes individuales como para el producto final (Bartok, 1985).



A



B

Figura 2.2.18 Varios tipos de equipo han sido modificados como mezcladores para sustratos hechos, incluyendo pequeñas revolvedoras portátiles de cemento (A), y camiones para concreto adaptados (B).

2.2.6.2 Incorporación de fertilizantes y de otros materiales

Una variedad de materiales son agregados durante el proceso de mezclado en forma rutinaria; éstos incluyen fertilizantes, cal, humectantes e inóculo micorrízico. Bartok (1985), establece que 0.76 m^3 (1 yarda cúbica) de sustrato bien mezclado para su uso en viveros ornamentales que producen en contenedor, puede llevar de 0.45 a 0.91 kg (1 a 2 libras) de fertilizante con macronutrientes, 2.27 a 9.08 kg (5 a 20 libras) de piedra caliza y 56.7 g (2 onzas) de micronutrientes. La incorporación uniforme de estos materiales es importante, pues las raíces de las plantas solamente tienen acceso a un volumen limitado de sustrato, en los contenedores relativamente pequeños, que son utilizados en los viveros forestales. Es particularmente difícil la incorporación de volúmenes pequeños de material seco, como es el fertilizante con micronutrientes, dentro de un sustrato humedecido. Es baja la probabilidad de obtener la misma distribución en cada contenedor para cada fertilizante corrector, particularmente en el caso de las pequeñas cantidades de fertilizante

con micronutrientes. Gladon (1988), establece que al comienzo de la estación de crecimiento muchos problemas se deben a una inadecuada incorporación de productos correctores, y Whitcomb (1988), concluye que el mezclado no uniforme de fertilizantes incorporados, es uno de los principales factores que originan crecimiento desigual en las plantas que crecen en contenedor.

Los productos correctores químicos incorporados pueden separarse durante el manejo subsiguiente, si los fertilizantes secos son mezclados con componentes secos del fertilizante (Bartok, 1985). El prehumedecimiento de los componentes del sustrato, como la turba de musgo y la vermiculita, con agua caliente conteniendo un surfactante, facilitará la agregación de las partículas de fertilizante y del medio durante el proceso de mezclado, eliminando este problema.

Piedra caliza. Tradicionalmente la piedra caliza, denominada cal en horticultura, ha sido agregada al medio de crecimiento en los viveros ornamentales que producen en contenedor, para aumentar el pH y para proveer calcio para la nutrición de las plantas. En realidad las calizas empleadas en agricultura [(carbonato de calcio (CaCO_3), o la dolomita ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$)] son usadas en lugar de la cal viva (CaO) o la cal apagada (CaOH) en aplicaciones hortícolas (Bunt, 1988). El encalado nos remonta a aquellos días cuando los sustratos basados en suelo eran comunes; sin embargo, Williams et al. (1988) establecen que las reacciones químicas son diferentes en los sustratos artificiales, y por tanto el encalado debe ser descontinuado en los viveros modernos que producen en contenedor. El encalado aún es practicado en algunos viveros forestales, como los de la costa de Columbia Británica, donde el agua de riego contiene bajos niveles de calcio (Gates, 1986).

La adición de cal a los medios de crecimiento no es recomendada en este manual por varias razones:

- Es difícil operativamente distribuir de manera uniforme la caliza durante el proceso de mezclado (ver sección 2.2.5.5).
- El pH naturalmente ácido de los medios con turba-vermiculita, no necesita ser altamente incrementado en el caso de muchos cultivos de especies forestales. La turba de musgo *Sphagnum* tiene un pH de 3.5 a 4.0, y la vermiculita de 6.0 a 7.6 (cuadro 2.2.1); una mezcla de estos dos componentes produce un sustrato con un pH cercano al intervalo ideal de 5.0 a 6.0. En efecto, el pH inicial de tres medios típicos de turba-vermiculita tuvo un pH

de 4.06 (Scarratt, 1986) (cuadro 2.2.3). Culturalmente es mucho más fácil aumentar un pH inicialmente bajo que disminuirlo cuando es muy alcalino; el pH de un sustrato ácido fácilmente puede ser aumentado a un intervalo de pH ideal, a través de una rutina de riego e inyección de fertilizantes. En efecto, el pH del sustrato en los contenedores se hace ligeramente más alcalino a través del tiempo, debido al efecto de los bicarbonatos del agua de riego y al de los fertilizantes alcalinos (Bunt, 1988). Gladon (1988), estimó que el pH de un sustrato puede aumentar de media unidad a una unidad entera, durante la etapa de cultivo.

- La nutrición con calcio puede ser proporcionada mucho más rápida y fácilmente con fertilizantes ricos en calcio y solubles al agua (por ejemplo, nitrato de calcio), que con la piedra caliza o con la dolomita, en donde está disponible con lentitud. La deficiencia de calcio puede ser un problema serio con plántulas jóvenes, debido a sus restringidos sistemas radicales. En este caso, las inyecciones de fertilizante soluble, aplicadas temprano en la estación de crecimiento, pueden ser más efectivas que la incorporación de fertilizantes granulares.

La aplicación de cal ha causado algunos problemas reales en la operación de viveros forestales que producen en contenedor. Dangerfield (1978), encontró que la adición de piedra caliza dolomítica a un sustrato de turba-vermiculita, induce clorosis por cal en plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir) y tal autor concluye que la práctica de incorporación de cal debe ser descontinuada. Aún en especies latifoliadas, que prefieren condiciones ligeramente menos ácidas, la cal es difícil de justificar. Plantas de *Eucalyptus saligna* (*saligna eucalyptus*) a las que se les aplicó dolomita en un medio de turba-vermiculita, presentaron una reducción en el crecimiento y con deficiencias de varios micronutrientes, especialmente cobre, después de la aplicación de dolomita (Miyasaka *et al.*, 1983). Chrusic y Wright (1983), concluyeron que no existe ventaja al aplicar cal a un medio basado en corteza de pino, si todos los nutrientes minerales son proporcionados en la concentración y el balance adecuados. (Los aspectos nutricionales de la práctica de aplicar cal son discutidos con más detalle en el capítulo 1, volumen cuatro, de este manual).

Fertilizantes. La incorporación de fertilizantes es una práctica común en la producción de planta ornamental, y a veces en la de plantas de especies forestales en contenedor, particularmente cuando

no está disponible un equipo de inyección para la fertilización en líquido, o cuando las plantas son cultivadas al aire libre, en áreas con elevada precipitación. La incorporación de micronutrientes es más común porque los sustratos artificiales tienen serias deficiencias de éstos. (Una discusión completa sobre los méritos de la fertilización se proporciona en el capítulo 1, volumen cuatro, de este manual).

Humectantes. Estos aditivos químicos, que también son conocidos como agentes surfactantes (fig. 2.2.19), rompen la tensión superficial del agua e incrementan la humectabilidad de materiales orgánicos hidrofóbicos, como la turba de musgo y la corteza de pino. Desafortunadamente se conoce poco sobre los efectos químicos y físicos de estas sustancias en el sustrato, y algunos de ellos pueden ser perjudiciales (Ward *et al.*, 1987). Whitcomb (1988), advierte que no todos los agentes de humedecimiento pueden ser usados con seguridad: algunos son fitotóxicos para ciertos tipos de plantas leñosas. Barnett y Brissette (1986), revisaron la literatura y reportan que en algunos casos, las dosis de aplicación fueron muy elevadas para las especies forestales. Un producto ampliamente utilizado (Aqua-gro®), redujo la germinación de las semillas de cuatro especies de pino del sur de los Estados Unidos, a pesar de haberse aplicado en la dosis recomendada de 0.1%; la reducción de la dosis a aproximadamente 0.02 a 0.04% proporciona una adecuada acción de humedecimiento sin causar efectos fitotóxicos (Barnett, 1977). Pokorny (1979), probó 24 humectantes comerciales empleando como sustrato corteza de pino, y encontró que solamente 9 productos resultaron tanto seguros como efectivos.

Con el tiempo, los humectantes incorporados pueden hacerse inactivos. Ward *et al.* (1987) reportan que, aunque son efectivos inicialmente, los humectantes deben ser reaplicados durante la etapa de cultivo.

Súper absorbentes. Los súper absorbentes son polímeros con cadenas cruzadas que absorben muchas veces su propio peso en agua. Estos han sido propuestos como agentes aditivos para incrementar la capacidad de retención de humedad de los medios de crecimiento. Varios productos están disponibles, pero no todos son convenientes para aplicaciones hortícolas. Una clase de súper absorbente (copolímero propanato propamida), ha demostrado incrementar la capacidad de retención de humedad, promover la aireación y el drenaje y reducir los requerimientos de riego del sustrato (Erazo, 1987).



Figura 2.2.19 Los humectantes (agentes de humedecimiento) reducen la tensión superficial del agua, y son utilizados para incrementar la humectabilidad de materiales hidrofóbicos como la turba de musgo.

Aunque estos productos se agregan a los sustratos en viveros ornamentales, actualmente los super absorbentes no son ampliamente usados en los viveros forestales. Lennox y Lumis (1987), investigaron el uso de gel hidrofílico en medios de crecimiento, y encontraron que un aditivo (Terra-Sorb®) incrementó la capacidad de retención de humedad en 5% solamente, lo cual probablemente resulta no significativo para la producción de especies forestales en contenedor. En otro estudio, se encontró que el producto Terra-Sorb, aumenta la capacidad de retención de humedad del sustrato y retrasa el marchitamiento de plantas de tomate (Adams y Lockaby, 1987). Los súper absorbentes pueden no satisfacer necesidades en muchos viveros que producen en contenedor, a causa del esquema de riego regular, pero su uso puede justificarse en otros casos, especialmente si la disponibilidad de agua es limitada.

Inóculo micorrízico. Un método para inocular con hongos micorrízicos a las plántulas de especies forestales producidas en contenedor, es incorporar inóculo fúngico especialmente preparado dentro del sustrato durante el mezclado. (Los beneficios de las micorrizas y los detalles del procedimiento de inoculación, se discuten en el capítulo 2, volumen cinco, de este manual). En el futuro, otros organismos benéficos, como rizobacterias promotoras del crecimiento de las plantas, podrán ser inoculadas dentro del medio de crecimiento (Digat, 1988).

2.2.6.3 Pasteurización o esterilización

Normalmente se asume que los sustratos artificiales están libres de plagas provenientes del suelo, pero tal supuesto ha sido puesto en duda en años recientes. Los componentes inorgánicos comunes de los medios de crecimiento, como la vermiculita y la perlita, son inherentemente

estériles, pero de la turba de musgo y otros componentes orgánicos no se tiene la seguridad. Un brote reciente de enfermedades de raíz en plántulas de coníferas en la región del Pacífico Noroeste, ha sido aducida a un hongo fitopatógeno del sustrato hecho de turba y vermiculita (Husted, 1988). La fuente precisa de contaminación no siempre es evidente. La contaminación de la turba en ocasiones puede provenir directamente del pantano, o áreas de pantanos, o de ciertas etapas durante la recolección o el procesamiento de la turba. Se desconoce la proporción real de contaminación en los sustratos, pero los viveristas deben guardar ciertas precauciones sobre el particular.

Algunas marcas de sustratos comerciales pueden tratar sus productos, y anunciar que sus mezclas son estériles en esencia (fig. 2.2.20A). La esterilización se refiere a la total eliminación de todo organismo viviente del medio, mientras que la pasteurización no es tan drástica. Un medio de crecimiento completamente estéril puede no resultar particularmente deseable, debido a que en el sustrato existen muchos microorganismos benéficos, como bacterias, actinomicetos y hongos, que pueden ser antagonistas a los fitopatógenos (Wolffhechel, 1988). El calor del vapor (fig. 2.2.20B) puede ser usado para pasteurizar o para esterilizar el sustrato, dependiendo de la temperatura aplicada. La pasteurización con calor es considerada generalmente preferible, siempre y cuando se cuente con el equipo adecuado (Bunt, 1988); la recomendación estándar es calentar el sustrato de 60 a 82 °C (140 a 177 °F) por un mínimo de 30 minutos (fig. 2.2.20C). Aunque la fumigación química esteriliza por completo el medio, la fumigación con bromuro de metilo ha probado ser efectiva para el control de algunas enfermedades procedentes del suelo (Garren *et al.*, 1989).

Tanto la pasteurización como la fumigación son costosas, toman tiempo y, como todo tratamiento para el control de plagas, tiene sus desventajas (Bunt, 1988). Quizá el procedimiento más prudente sea obtener muestras de la turba de musgo, o de la mezcla del sustrato, y analizar la presencia de fitopatógenos, de modo que los lotes contaminados puedan ser oportunamente tratados o rechazados. Las especificaciones de compra pueden ser establecidas por escrito para requerir pruebas de patógenos. Estas medidas preventivas, como todo tratamiento para el control de plagas, deben ser parte de una estrategia general para el control de plagas. (Ver capítulo 1, volumen cinco de este manual, para mayor información sobre fitopatógenos procedentes del suelo y sobre el tratamiento a los sustratos).

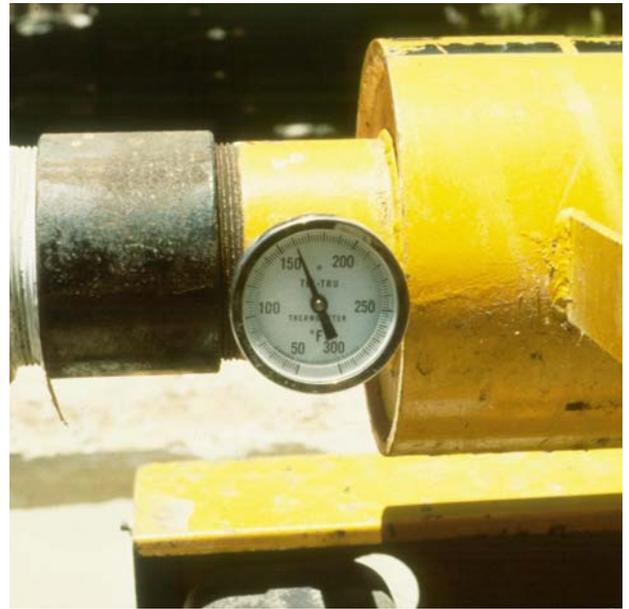


A



B

Figura 2.2.20 Algunas marcas de sustratos comerciales son anunciados como "estériles" (A); la pasteurización con vapor (B) es benéfica, ya que su relativamente baja temperatura (C) puede eliminar muchas plagas del suelo sin la pérdida de microorganismos benéficos.



C

2.2.6.4 Problemas de sobremezclado y de compactación

El mezclado excesivo puede romper la estructura de las partículas del sustrato, lo cual promueve la compactación, y puede destruir la porosidad de aireación del medio. Los materiales frágiles, como la vermiculita y la turba de musgo, son fácilmente dañados durante el mezclado. Milks *et al.* (1989), hallaron que humedeciendo la turba-vermiculita antes del mezclado, se previene la compactación, aunque los componentes demasiado húmedos resultan pesados y pueden compactarse con facilidad. En un lote típico de medio de turba-vermiculita, las fibras individuales de la turba y las partículas de vermiculita deben mantenerse visibles (fig. 2.2.21), y el medio debe mantener una textura esponjosa; un medio que está fino o pulverizado, probablemente ha sido dañado. Algunos viveristas prefieren medios de crecimiento con textura fina, porque así es más fácil de cargar en contenedores pequeños, pero tales medios tienden a comprimirse en el contenedor, reduciéndose la porosidad. En los medios de crecimiento sobremezclados se reducen la aireación y el drenaje, lo cual implica problemas para el crecimiento de la raíz (ver sección 2.2.3.1).

El mezclado mecanizado fácilmente puede ser realizado en exceso si los mezcladores se dejan funcionando mucho tiempo, o si son llenados en exceso, o si los componentes están muy húmedos (Whitcomb, 1988; Handreck y Black, 1984). Ciertos tipos de mezcladores resultan más dañinos que otros (ver sección 2.2.6.1). Muchos mezcladores pueden hacer un trabajo adecuado en 3 o 4 minutos, siempre y cuando sean llenados a aproximadamente tres cuartos de su capacidad (Whitcomb, 1988). Pruebas operativas relacionadas con el efecto de diferentes tiempos de mezclado en el tamaño de las partículas de la turba de musgo, mostraron que el mismo era severamente reducido si el tiempo de mezclado excedía de 5 minutos (cuadro 2.2.16).



Figura 2.2.21 Un sustrato bien mezclado debe tener una composición uniforme, con daños mínimos al tamaño o forma de los componentes originales, en este caso turba de musgo *Sphagnum* y vermiculita.

Cuadro 2.2.16 El tamaño de las partículas de la turba de musgo resultó sustancialmente reducido por el sobremezclado en una revolvedora mecánica

Tiempo Máximo (min)	Porcentaje de tamaños de partículas de turba				Totales
	Menores de		Mayores de		
	Tamiz No.20 (0.85 mm)	Tamiz No.16 (1.18 mm)	Tamiz No.10 (2.00 mm)	Tamiz No.10 (2.00 mm)	
5	59.4	11.3	11.7	17.6	100.0
10	63.8	11.0	8.0	16.6	100.0
15	70.2	10.5	7.9	11.4	100.0
20	73.5	8.2	7.0	11.3	100.0
25	76.4	8.3	6.6	8.7	100.0

Fuente: McDonald (1989).



2.2.7 La Importancia de una Compactación Adecuada del Medio de Crecimiento

El llenado de los contenedores con el sustrato es un proceso crítico. Es importante alcanzar el grado adecuado de compactación del medio, porque uno pobremente compactado puede reducir las propiedades culturales de incluso el mejor medio de crecimiento. La compactación insuficiente rara vez representa un problema y puede ser detectada y corregida con facilidad. No obstante, la sobrecompactación es más común debido al mezclado excesivo, o a la compresión excesiva, sea mecánica o manual, durante el proceso de llenado de los contenedores (Bunt, 1988).

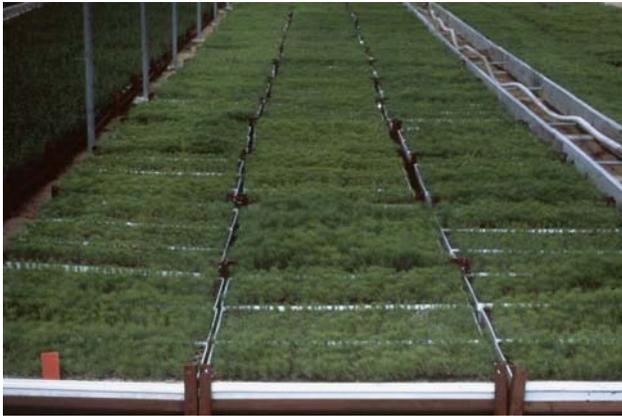
La sobrecompactación puede tener varios efectos en las propiedades físicas, químicas y biológicas de un medio de crecimiento. Aunque la porosidad total es naturalmente menor en un medio compactado, el efecto más importante es la reducción o aún la eliminación de los poros grandes que controlan la aireación y el drenaje (Bunt, 1988). En estudios realizados con coníferas cultivadas en sustratos basados en turba, que fueron comprimidos a densidades distintas, Mitchell *et al.* (1972) encontraron que la actividad radical varió en forma inversamente proporcional a la compactación de la turba.

El grado ideal de compactación del medio puede variar según su tipo, el tipo de contenedor y las prácticas de riego de cada vivero. Matthews (1983), recomienda una densidad para el medio de cultivo de 0.1 g/cm^3 de volumen utilizable, en el contenedor para bloques de poliestireno expandido (Styrofoam blocks). Hocking y Mitchell (1975), estudiaron los efectos de la densidad del sustrato en contenedores de turba moldeada (extruded peat containers), y hallaron que el valor de 0.2 g/cm^3 proporcionó el mejor crecimiento de las plantas. Los viveristas que producen en contenedor, deben conducir pruebas operativas a efecto de determinar la más adecuada densidad para el medio de crecimiento, bajo las condiciones de su propio vivero.

La compactación del medio es difícil de evaluar en los pequeños contenedores de los viveros forestales, y actualmente no hay una técnica confiable para su medición en tal condición. No obstante, varias observaciones directas pueden ser de utilidad para la evaluación de la compactación del medio de crecimiento. A causa del incremento en la densidad, resultante en los medios compactados, los contenedores que estén más pesados, posiblemente estén compactados. Durante el proceso de llenado, el sustrato debe

asentarse después de que el contenedor es agitado o golpeado suavemente sobre la mesa. En contenedores adecuadamente llenados, el medio debe sentirse suelto al tacto. Obviamente, la evaluación de la compactación del medio en los contenedores, es un proceso poco preciso que puede ser mejorado únicamente a través de la acumulación de experiencia. Desafortunadamente, un viverista se puede percatar de la existencia de problemas en la compactación del medio hasta que se observan limitaciones en el crecimiento de las plantas, o durante la extracción, cuando son evidentes los cepellones pobremente formados.

El efecto nocivo de la sobrecompactación en el crecimiento de las especies forestales, es con frecuencia sutil y difícil de diagnosticar, a causa del sinnúmero de efectos de la compactación sobre el complejo ambiente de la raíz en un contenedor. Otro factor que complica la diagnosis es la variación en el grado de compactación que puede presentarse entre diferentes bloques o contenedores, o incluso entre las celdas de un mismo contenedor, lo cual produce un mosaico de plantas normales y de plantas con síntomas de problemas (fig. 2.2.22A). Los síntomas de daño a la raíz a causa de una compactación excesiva del sustrato, pueden incluir clorosis en las hojas, caída de hojas, oscurecimiento de la raíz y eventualmente la muerte. Debido a que este problema afecta primero la función radical, los síntomas iniciales de compactación pueden mimetizar tensión hídrica, exceso de humedad o inclusive deficiencias nutricionales. La toma de nutrientes minerales es obstaculizada, cuando las raíces no están funcionando adecuadamente debido a la sobrecompactación del sustrato; la clorosis por falta de hierro es sólo uno de los desórdenes nutricionales que pueden desarrollarse (Faber, 1982). Las raíces que se han debilitado en los medios sobrecompactados, son particularmente susceptibles a hongos fitopatógenos oportunistas como *Phytophthora spp.* o *Fusarium spp.* (fig. 2.2.22B). Langerud (1986), reporta una enfermedad de la raíz que provoca mortandad de plántulas en contenedores, la cual fue atribuida a la escasa porosidad del medio de crecimiento.



A



B

Figura 2.2.22 Una compactación excesiva del sustrato puede causar una reducción en la porosidad de aireación, resultando en un patrón variable de crecimiento de las plantas (**A**); los sistemas radicales se hinchan, escasean las raíces finas y las micorrizas, y con frecuencia son infectados por hongos fitopatógenos como *Fusarium spp.* (**B**)



2.2.8 Conclusiones y Recomendaciones

La selección de un sustrato, es una de las más importantes decisiones en el cultivo de plantas de especies forestales en contenedor. Las características físicas, químicas y biológicas del medio de crecimiento, afectan no solamente el crecimiento de la planta, también influyen en otros aspectos de la operación del vivero. Por tanto, los viveristas que producen en contenedor deben considerar cuidadosamente tanto los aspectos biológicos como los operativos, cuando evalúan diferentes tipos de sustratos.

La decisión de comprar una marca comercial de sustrato o de realizar una mezcla hecha, dependerá de muchos factores, incluyendo la disponibilidad de los componentes y del equipo de mezclado, así como la envergadura de la operación en el vivero. Están disponibles diferentes marcas comerciales de sustratos de buena calidad, pero para un completo control de calidad, el viverista debe considerar una mezcla hecha de sus propios sustratos.

Tanto en la compra de un sustrato como en la mezcla hecha, la selección de los componentes del medio de crecimiento es crítica. Para la producción de plantas forestales en Norteamérica, un sustrato consistente de turba de musgo ***Sphagnum*** y de vermiculita es recomendable, siempre y cuando tales materiales estén disponibles y tengan un precio razonable. La proporción de turba de musgo y vermiculita sobre una base en volumen, puede ser de 1:1 a 1:3. La turba de musgo del tipo más grueso debe ser utilizada siempre que sea posible, y también son preferibles los tipos más gruesos de la vermiculita. Una baja proporción de perlita (10 a 30%) puede ser sustituto de una parte de la vermiculita, si se desea obtener un medio mejor drenado. La corteza, especialmente la de pino ya composteada, ha demostrado ser promisorio como componente de los sustratos en aplicaciones hortícolas, pero se necesita de más información acerca de este material en los viveros forestales. La sustitución de la turba de musgo por materiales orgánicos alternativos, debe ser emprendida con cautela, y únicamente deben ser considerados materiales orgánicos composteados.

Usualmente, los correctores químicos para los sustratos no están garantizados. La incorporación de piedra caliza u otros materiales fertilizantes dentro del medio de crecimiento no es recomendable, a menos que se disponga de técnicas de fertilización convencionales. Si es

posible, el pH y los niveles de los nutrientes minerales deben de ser controlados a través de la inyección de fertilizantes ácidos en el sistema de riego. Aunque muchos componentes son considerados estériles, los viveristas deben analizar rutinariamente sus sustratos para detectar si existen hongos fitopatógenos.

Debido a que el medio de crecimiento es solamente uno de toda una serie de factores culturales interrelacionados, que afectan el crecimiento de la planta en un vivero, el viverista prudente debe considerar la situación general antes de tomar alguna decisión, acerca de la economía de alguna práctica en particular. La combinación de las prácticas de cultivo que produzca la mejor calidad de planta, en el menor período de tiempo, y a un costo aceptable, será la más económica en la evaluación final. Los ensayos operativos a pequeña escala para probar nuevos tipos de sustratos siempre son recomendables; si los resultados de las pruebas parecen promisorios, entonces el medio podrá ser utilizado a gran escala.



2.2.9 Literatura Citada

- Adams, J.C.; Lockaby, B.G. 1987. Commercially produced super absorbent material increases water-holding capacity of soil medium. *Tree Planters' Notes* 38(1):24-25.
- Baker, K.F. 1985. Development of nursery techniques. *International Plant Propagators' Society Combined Proceedings* 34:152-164.
- Barnett, J.P. 1977. Effects of soil wetting agent concentration on southern pine seed germination. *Southern Journal of Applied Forestry* 1(3):14-15.
- Barnett, J.P.; Brissette, J.C. 1986. Producing southern pine seedlings in containers. *Gen.Tech.Rep.SO-59*. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 71 p.
- Bartok, J.W., jr. 1985. Media mixing systems offer efficiency, variety. *Greenhouse Manager* 4(8): 108-110, 112-113.
- Beardsell, D.V.; Nichols, D.G.; Jones, D.L. 1979. Physical properties of nursery potting-mixtures. *Scientia Horticulturae*. 11:1-8.
- Bethke, C.L. 1986. Systematic approach solves grower problems. *Greenhouse Manager* 4(11): 171, 173-174, 177.
- Biamonte, R.L. 1982. Domestic vermiculite for horticultural use. *Bull. TTB-104*. Fogelsville, PA: W.R. Grace and Co., Horticultural Products. 6 p.
- Bilderback, T.E. 1982. Container soils and soilless media. In: *Nursery Crops Production Manual*. Raleigh, NC: North Carolina State University, Agricultural Extension Service. 12 p.
- Black, C.H. 1988. Interaction of phosphorus fertilizer form and soil medium on Douglas-fir seedling phosphorus content, growth and photosynthesis. *Plant and soil* 106(2): 191-199.
- Bluhm, W.L. 1978. Peat, pests, and propagation. *International Plant Propagators' Society Combined Proceedings* 28:66-70.
- Bragg, N.C.; Chambers, B.J. 1988. Interpretation and advisory applications of air-filled porosity (AFP) measurements. *Acta Horticulturae* 221:35-44.
- Bugbee, G.J.; Frink, C.R. 1986. Aeration of potting media and plant growth. *Soil Science* 141(6): 438-441.
- Bunt, A.C. 1988. *Media and mixes for container-grown plants*. Boston: Unwin Hyman. 309 p.
- Carlson, L.W. 1983. Guidelines for rearing containerized conifer seedlings in the Prairie Provinces. *Info. Rep. NOR-X-214E*. Edmonton, AB: Canadian Forestry Service, Northern Forest Research Centre. 64 p.
- Chong, C.; Cline, R.A.; Rinker, D.L. 1988. Spent mushroom compost and papermill sludge as soil amendments for containerized nursery crops. *Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society* 37:347-353.
- Chrusic, G.A.; Wright, R.D. 1983. Influence of liming rate on holly, azalea, and juniper growth in pine bark. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108(5): 791-795.
- Colombo, S.J.; Smith, W.A. 1988. Response of containerized black spruce and jack pine seedlings to fertilization rate and growing medium. *For. Res. Rep. 116*. Maple, ON: Ontario Ministry of Natural Resources, Ontario Tree Improvement and Forest Biomass Institute. 15 p.
- Dangerfield, J.A. 1978. Influence of lime incorporated in soil mix on growth of Douglas-fir. *Canadian Forestry Service Bi-monthly Research Notes* 34(1): 1-2.
- Davidson, H.; Mecklenberg, R. 1981. *Nursery management: administration and culture*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc. 450 p.
- Digat, B. 1988. The bacterization of horticultural substrates and its effects on plant growth. *Acta Horticulturae* 221:279- 288.
- Erazo, F. 1987. Super absorbent hydrogels and their benefits in forestry applications. Landis, T.D., tech. coord. *Meeting the Challenge of the Nineties: Proceedings, Intermountain Forest Nursery Association*. 1987 August 10-14; Oklahoma City, OK. *Gen. Tech. Rep. RM-151*. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 14-17.

- Faber, W.R. 1982. Don't beat it to death. Ohio State Flower Growers Hotline, April 28.
- Garren, T. R.; Landis, T. D.; Campbell, S. J. 1989. Methyl bromide fumigation of containers filled with growing media. In: Landis, T.D., tech. coord. Proceedings, Intermountain Forest Nursery Association; 1989. August 14-18; Bismarck, ND. Gen. Tech. Rep. RM-184. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 43-48.
- Gates, W. 1986. Personal communication. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forest, Silviculture Branch.
- Gessert, G. 1976. Measuring air space and water holding capacity. *Ornamentals Northwest* 3:59-60.
- Gladon, D. 1988. Amendments and media. Container grower: news and notes. Fall 1988. Ames, IA: Iowa State University of Science and Technology, Department of Forestry. 10 p.
- Goodwin, O.C. 1975. Greenhouse container seedling production manual. For. Note 19. Raleigh, NC: North Carolina Forest Service. 23 p.
- Handreck, K. A.; Black, N. D. 1984. Growing media for ornamental plants and turf. Kensington, NSW, Australia: New South Wales University Press. 401 p.
- Harlass, S. 1984. Uncover answers to media guessing game. *Greenhouse Manager* 3(5): 102-104, 106-107.
- Hartman, H. T.; Kester, D. E. 1983. Plant propagation: principles and practices. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc. 727 p.
- Havis, J. R.; Hamilton, W. W. 1976. Physical properties of container media. *Journal of Arboriculture* 2(7): 139-140.
- Hellum, A.K. 1975. Selecting peat for rearing coniferous container seedlings. *Forestry Chronicle* 51:200-202.
- Hocking, D.; Mitchell, D.L. 1975. The influences of rooting volume-seedling spacing and substratum density on greenhouse growth of lodgepole pine, white spruce, and Douglas-fir grown in extruded peat cylinders. *Canadian Journal of Forest Research* 5:440-451.
- Hoitink, H.A.J. 1980. Composted bark, a lightweight growth medium with fungicidal properties. *Plant Disease* 64(2): 142-147.
- Hoyle, M. C. 1982. Economical and simple production of containerized hardwood seedlings. Res. Pap. NE-500. Broomall, PA: USDA Forest Service, Northeastern Forest and Range Experiment Station. 12 p.
- Husted, L.D. 1988. Douglas-fir dieback. In: Landis, T.D., tech. coord. Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations; 1988 August 8-11; Vernon, BC. Gen. Tech. Rep. RM-167. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 161-163.
- James, B. L. 1987. Propagation media: what a grower needs to know. Combined Proceedings, International Plant Propagators' Society Meeting 36:396-399.
- Johnson, P. 1968. Horticultural and agricultural uses of sawdust and soil amendments. National City, CA: Paul Johnson. 46 p.
- Joiner, J. N.; Conover, C. A. 1965. Characteristics affecting desirability of various media components for production of container-grown plants. *Proceedings of the Soil and Crop Science Society of Florida* 25:320-328.
- Judd, R. W., Jr. 1984. Making soilless mixes not without its problems. *Greenhouse Manager* 3(2): 135, 137.
- Judd, R. W., Jr. 1983. Soilless mixes for nursery production. *Journal of Environmental Horticulture* 1(4): 106-109.
- Kuhns, L. J. 1985. Fertilizing woody ornamentals. University Park, PA: Pennsylvania State University, College of Agriculture. 16 p.
- Kusey, W. 1989. Beware of hidden costs in mixing your own media. *Greenhouse Manager* 8(5): 134, 136, 138, 141.
- Lackey, M.; Alm, A. 1982. Evaluation of growing media for culturing containerized red pine and white spruce. *Tree Planters' Notes* 33(1): 3-7.
- Langerud, B. R. 1986. A simple in situ method for the characterization of porosity in growth media. *Plant and Soil* 93(3): 413-425.

- Langerud, B. R.; Sandvik, M. 1988. Physical conditions in peat/perlite mixtures subjected to different irrigation regimes. *Acta Horticulturae* 221:363-370.
- Lehtovaara, J.; Herranen, M.; Nyronen, T.; Oy, y.; McDonald, A. 1988. IR-spectroscopy as an analytical method for identification of horticultural peat. *Acta Horticulturae* 221:153-160.
- Lennox, T.L.; Lumis, G.P. 1987. Evaluation of physical properties of several growing media for use in aerial seeding containers. *Canadian Journal of Forest Research* 17:165-173.
- Lippitt, L. 1989. Personal communication. California Department of Forestry and Fire Protection, L.A. Moran Reforestation Center, Davis, CA.
- Lucas, R. E.; Rieke, P. E.; Farnham, R. S. 1965. Peats for soil improvement and soil mixes. *Farm Sci. Ser. Ext. Bull.* 516. Lansing, MI: Michigan State University, Cooperative Extension Service. 11 p.
- Maronek, D.M.; Studebaker, D.; Oberly, B. 1986. Improving media aeration in liner and container production. *International Plant Propagators' Society Combined Proceeding* 35:591-597.
- Mastalerz, J. W. 1977. *The greenhouse environment*. New York: John Wiley and Sons. 629 p.
- Matkin, O. A.; Chandler, P. A. 1957. The U.C.-Type soil mixes. In: Baker, Kenneth F., ed. *The U.C. System for producing healthy container-grown plants*. *Ext. Serv. Man.* 23. Parramatta, Australian Nurserymen's Association [First printed by the University of California, Division of Agricultural Sciences, California Agricultural Experiment Station]: 68-85.
- Matthews, R. G. 1983. Seedling production for Crown Lands in British Columbia: guidelines for commercial container nurseries. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forests, Silviculture Branch. 45 p.
- McDonald, A. 1989. Personal communication. Silviculture Branch, British Columbia Ministry of Forestry, Victoria, BC.
- Milbocker, D. 1987. Pine bark shows promise for plugs. *Greenhouse Manager* 5(11): 12.
- Milks, R. R.; Fonteno, W. C.; Larson, R. A. 1989. Hydrology of horticultural substrates: III. Predicting air and water content of limited-volume plug cells. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 114(1): 57-61.
- Mitchell, D .L.; Hocking, D.; Kay, W. C. 1972. Extruded peat cylinders: their physical characteristics as affecting tree seedling growth and greenhouse drought tolerance. *Canadian Journal of Forest Research* 2:479-486.
- Miyasaka, S. C.; Okazaki, E. N.; Bartholomew, D. P. 1983. The effect of lime and micronutrients on *Eucalyptus saligna* Sm. seedling growth. *Res. Ser.* 025. Honolulu: University of Hawaii, College of Tropical Agriculture and Human Resources. 11 p.
- Moore G. 1988. Perlite: start to finish. *International Plant Propagators' Society Combined Proceedings* 37:48-52.
- Nelson, W.R. 1989. Personal communication. Starke Ayres. Pietermaritzburg, South Africa.
- Nelson, P. V. 1978. *Greenhouse operation and management*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc. 598 p.
- Pawuk, W. H. 1981. Potting media affect growth and disease development of container-grown southern pines. *Res. Note* SO-268. New Orleans, LA: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 4 p.
- Peck, K. 1984. Peat moss and peats. *Hummert's Quarterly* 8(3): 1, 4-5.
- Perlite Institute. 1983. Typical chemical and physical properties of perlite. *Tech. Data sheet* 1-1. New York. 2 p.
- Poincelot, R. P. 1972. The biochemistry and methodology of composting. *Bull.* 727. New Haven, CT: Connecticut Agricultural Experiment Station. 38 p.
- Pokorny, F. A. 1987. Available water and root development within the micropores of pine bark particles. *Journal of Environmental Horticulture* 5(2): 89-92.
- Pokorny, F. A. 1979. Pine bark container media: an overview. *International Plant Propagators' Society Combined Proceedings* 29:484-495.

- Puustjarvi, V. 1975. Peat in horticulture. In: Organic materials as fertilizers. Soils Bull. 27. Rome: FAO: 1303-145.
- Puustjarvi, V.; Robertson, R. A. 1975. Physical and chemical properties. In: Peat in horticulture. London: Academic Press. 170 p.
- Sanderson, K. C. 1983. Growing with artificial media: the advantages. Southern Florist and Nurseryman 96(20): 13-14, 16-17.
- Scagel, R. K. 1989. Personal communication. Pacific Phytometric Consultants, Surrey, BC.
- Scagel, R. K.; Davis, G. A. 1988. Recommendations and alternative growing media for use in containerized nursery production of conifers: some physical and chemical properties of media and amendments. In: Landis, T. D., tech. coord. Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery associations; 1988 August 8-11; Vernon, BC. Gen. Tech. Rep. RM-167. Ft. Collins, CO-USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 60-65.
- Scarratt, J. B. 1986. An evaluation of some commercial soluble fertilizers for culture of jack pine container stock. Inf. Rep. O-X-377. Sault Ste. Marie, ON-Canadian Forestry Service, Great Lakes Forestry Service. 21 p.
- Simpson, D. G. 1985. Growing conifer seedlings in woodwaste-sewage sludge compost. Res. Note 98. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forests. 18 p.
- Spomer, L. A. 1975. Availability of water absorbed by hardwood bark soil amendment. Agronomy Journal 67:589-590.
- Stewart, N. 1986. Production of bark for composts. International Plant Propagators' Society, Combined Proceedings 35:454-458.
- Swanson, B. T. 1989. Critical physical properties of container media. American Nurseryman 169 (11): 59-63.
- Tinus, R. W. 1974. Characteristics of seedlings with high survival potential. In: Tinus, R. W.; Stein, W. I.; Balmer, W. E., eds. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedlings Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Pub. 68. Great Plains Agricultural Council: 276-282.
- Tinus, R. W.; McDonald, S. E. 1979. How to grow tree seedlings in greenhouses. Gen. Tech. Rep. RM-60. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 256 p.
- Van Eerden, E. 1974. Growing season production of western conifers. In: Tinus, R. W.; Stein, W. I.; Balmer, W. E., eds. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Pub. 68. Great Plains Agricultural Council: 93-103.
- Ward, J.; Bragg, N. C.; Chambers, B. J. 1987. Peat-based composts: their properties defined and modified to your needs. International Plant Propagators' Society Combined Proceedings 36:288-292.
- Whitcomb, C. E. 1988. Plant production in containers. Stillwater, OK: Lacebark Publications. 633 p.
- Williams, B. J.; Peterson, J. C.; Utzinger, J. D. 1988. Liming reactions in *Sphagnum* peat-based growing media. Journal of the American Society for Horticultural Science 113(2): 210-214.
- Wilson, G. C. S. 1985. Effects of additives to peat on the air and water capacity. Acta Horticulturae 172:207-209.
- Wolffhechel, H. 1988. The suppressiveness of *Sphagnum* peat to *Pythium* spp. Acta Horticulturae 221: 217-222.
- Worrall, R. 1976. The use of sawdust in potting mixes. International Plant Propagators' Society Combined Proceedings 26:379-381.



Índice de Nombres Científicos y Comunes

Árboles

	Páginas
Fresno	
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marsh (green ash)	32,33
Ciprés Calvo	
<i>Taxodium distichum</i> (L.) Rich. <i>var. distichum</i> (baldcypress)	10
Abedul	
<i>Betula alleghaniensis</i> Britton (yellow birch)	71
Casuarina	
<i>Casuarina</i> spp.	26,39
“Cedro”	
<i>Chamaecyparis nootkatensis</i> (D. Don) Spach (Alaska cedar)	14
<i>Libocedrus decurrens</i> Torr (Incense-cedar)	65
<i>Thuja plicata</i> Donn ex D. Don (western redcedar)	14,32,65
Pseudotsuga	
<i>Pseudotsuga menziesi</i> (Mirb.) Franco (Douglas fir)	9,10,32,47,65,79
Eucaliptos	
<i>Eucalyptus saligna</i> Sm. (saligna eucalyptus)	66,79,88
<i>E. microcorys</i> F. Muell. (tallowwood eucalyptus)	66
<i>E. pilularis</i> Sm. (blackbutt eucalyptus)	66
<i>E. andrewsii</i>	66
<i>E. radiata</i>	66
Abetos	
<i>Abies concolor</i> (Gord. & Glend) Lindl. ex Hildebr (white fir)	65
<i>A. amabilis</i> Dougl. ex Forbes (pacific silver fir)	32
Abeto americano	
<i>Tsuga heterophylla</i> (Raf.) Sarg. (western hemlock)	32
Alerce	
<i>Larix occidentalis</i> Nutt. (western larch)	14,15
Encino	
<i>Quercus</i> spp. (red oak)	32,33
Sequoia	
<i>Sequoia sempervirens</i> (D. Don) Endl. (redwood)	65
Pinos	
<i>Pinus caribaea</i> Mill (caribbean pine)	32
<i>P. banksiana</i> Lamb. (jack pine)	12,25,72
<i>P. jeffreyi</i> Grev. & Balf. (jeffrey pine)	25
<i>P. taeda</i> L. (loblolly pine)	8,11,12,29,36
<i>P. contorta</i> Dougl. ex Loud. (lodgepole pine)	5,6,8,9,31,32,33
<i>P. palustris</i> Mill. (longleaf pine)	8,12



Índice de Nombres Científicos y Comunes (continuación)

	Páginas
<i>P. ponderosa</i> Dougl ex Laws. (ponderosa pine)	32,33,60,65
<i>P. resinosa</i> Ait. (red pine)	25,74,75
<i>P. elliotii</i> Engelm. (slash pine)	12
Piceas	
<i>Picea mariana</i> (Mill.) B.S.P. (black spruce)	72
<i>P. glauca</i> (Moench) Voss (white spruce)	5,8,9
<i>P. sitchensis</i> (Bong.) Carr. (Sitka spruce)	31
Nogal	
<i>Juglans</i> spp. (walnut)	65
Otros	
Plagas	
<i>Fusarium</i> spp.	47,66,83,84
<i>Pythium</i> spp.	57,66,89
<i>Botrytis cinerea</i> Pers. Fr. (grey mold)	10,29
Turba	
<i>Hypnum</i> spp.	56,62,63
<i>Polytrichum</i> spp.	62
<i>Sphagnum cuspidatum</i>	63
<i>S. fuscum</i>	62



Esta publicación contó con la **autorización y apoyo correspondiente** del Servicio Forestal, del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos.



La edición e impresión de este manual corrió a cargo de la **Dirección General del Programa Nacional de Reforestación**

Tiraje: 1,000 ejemplares

Octubre del 2000