

# 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

	<b>Página</b>
<b>2.1.1 Introducción</b>	<b>3</b>
2.1.1.1 Historia del uso de contenedores en los viveros forestales	3
2.1.1.2 Terminología	3
<b>2.1.2 Características de los Contenedores para Viveros Forestales</b>	<b>5</b>
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
<b>2.1.3 Tipos de Contenedores</b>	<b>20</b>
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
<b>2.1.4 Poda Química de Raíz</b>	<b>31</b>
<b>2.1.5 Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>35</b>
<b>2.1.6 Literatura Citada</b>	<b>36</b>



### 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).

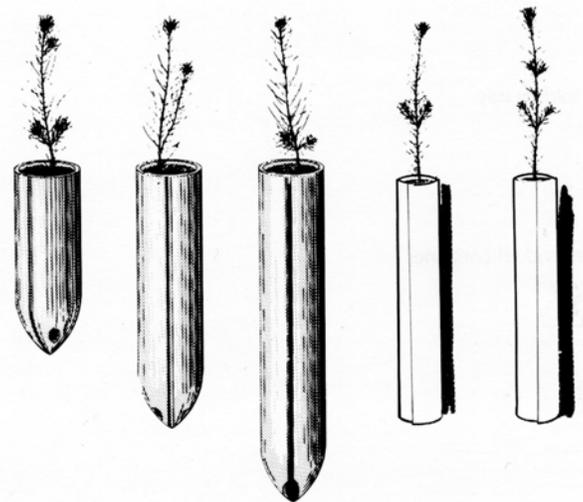
La primera producción a gran escala de plantas para reforestación en los modernos contenedores de plástico se dio en Canadá con la "Bala Walter" (Walters Bullet), en Columbia Británica (Walters, 1974) y con el "Tubo Ontario" (Ontario Tube) en Ontario (Reese, 1974) (fig. 2.1.1). Con base en tales prototipos, 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 cm<sup>3</sup> (2.5 pulgadas cúbicas) y un máximo de 492 cm<sup>3</sup> (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).

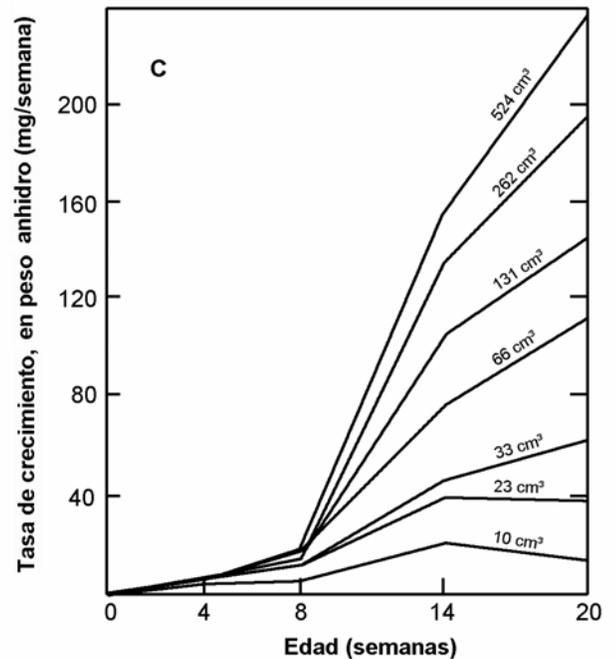
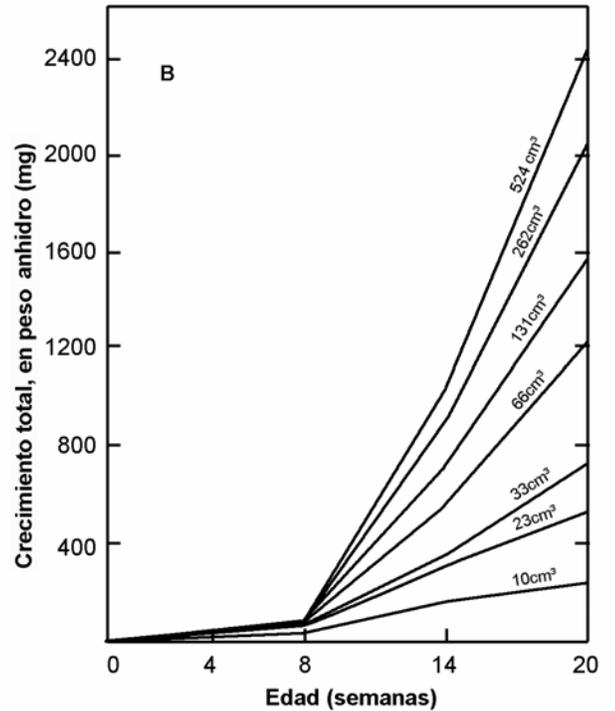
Sin embargo, las comparaciones de crecimiento de las plantas deben considerar su densidad (el espacio entre los contenedores), además del volumen, ya que aunque los contenedores tengan idéntico este último, pueden estar arreglados a diferente densidad. Esta importante relación entre capacidad del contenedor 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 <sup>3</sup>	pulgadas <sup>3</sup>	celdas/m <sup>2</sup>	celdas/pie <sup>2</sup>	
<b>Contenedores que se plantan junto con la planta</b>							
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
<b>Contenedores que se remueven antes de la plantación</b>							
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
<b>Gran total</b>							<b>100</b>

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 <sup>3</sup> )	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

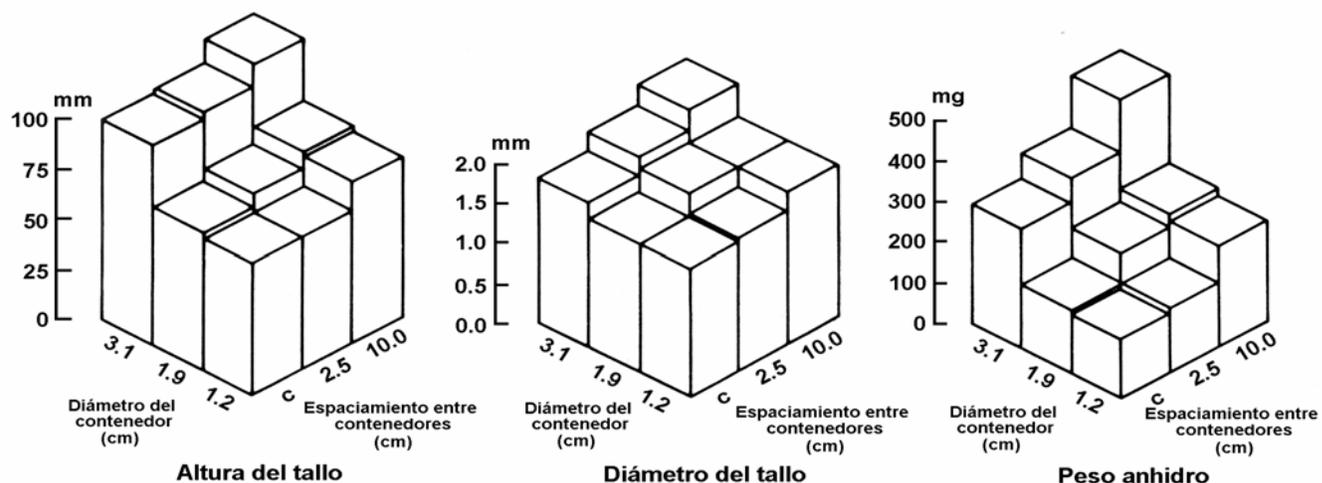
diseñados que consideran la interacción entre el volumen de la celda y la densidad de las celdas. Utilizaron plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas fir) a diferentes densidades, en contenedores con el mismo volumen, y hallaron que la morfología de la planta y su peso variaron según el espaciamento 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 <sup>2</sup> )	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).



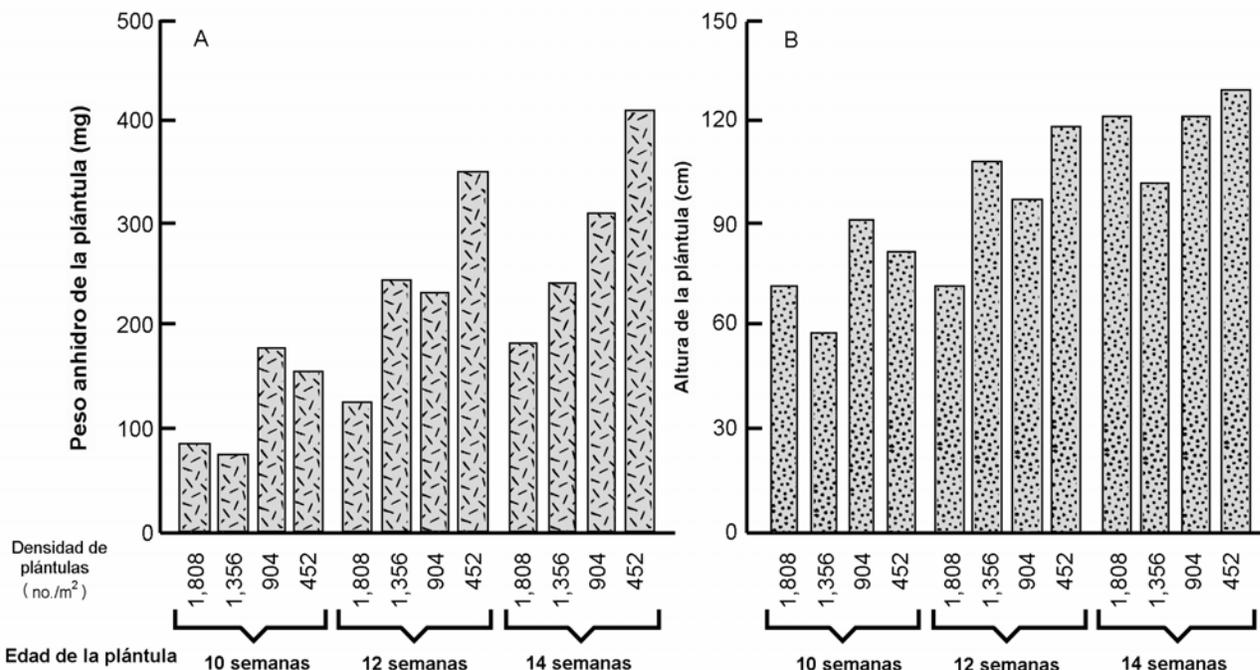
**Figura 2.1.5** El tamaño (diámetro) del contenedor así como el espacio entre contenedores, dictan la densidad de crecimiento en el vivero, que a su vez afecta la altura del tallo, el diámetro y el peso anhidro de la planta (Scarratt, 1972).

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



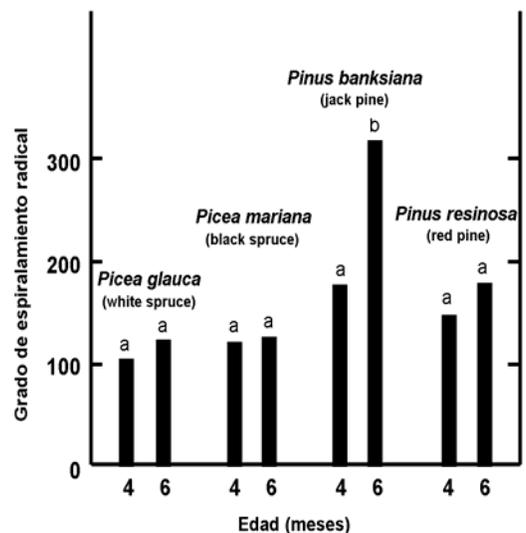
B

**Figura 2.1.7** Los canales verticales en la superficie interna de estos contenedores guidores 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.



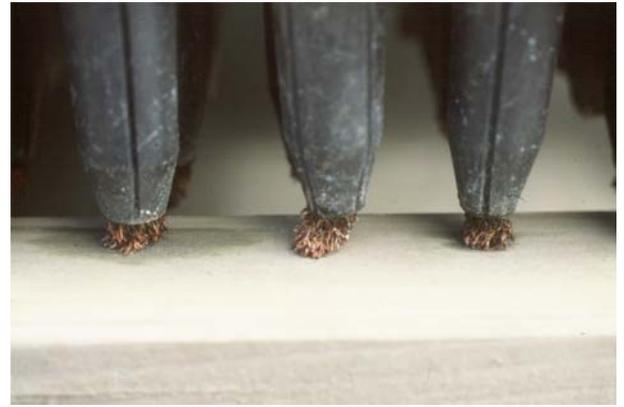
**Figura 2.1.8** Algún grado de espiralamiento de la raíz ocurre en cuatro especies de coníferas, en el contenedor de sección transversal redonda tubo Quebec, con paredes lisas, pero fue mayor en los pinos. El espiralamiento no aumenta significativamente con el tiempo, excepto para las plantas de *Pinus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

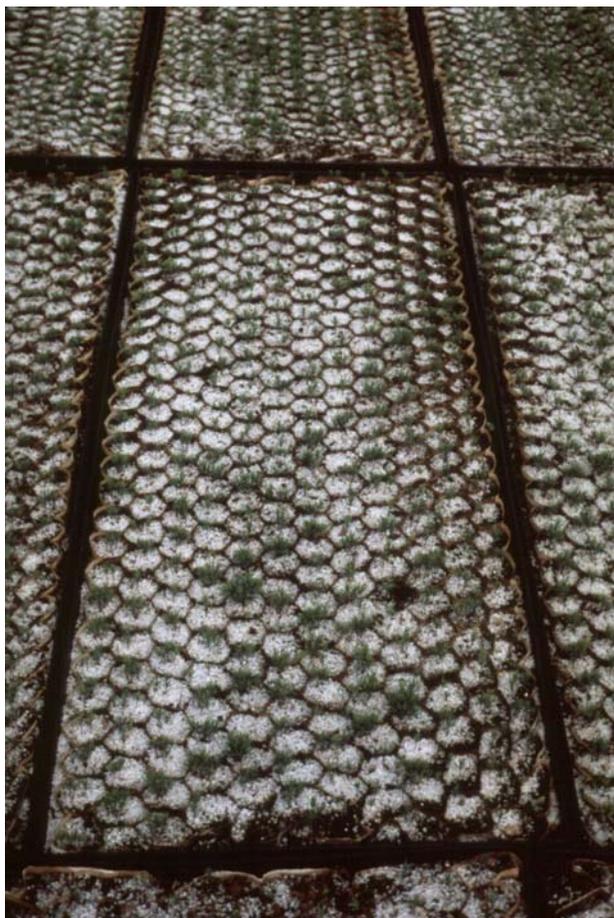
**Figura 2.1.10** Ciertas especies forestales, como *Thuja plicata* (western redcedar), tienen raíces muy abundantes y agresivas que penetran los poros de la pared interna del contenedor, dificultando mucho la extracción de las plantas del contenedor al momento de la plantación (A). Las raíces desgarradas 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.

	<b>Material de construcción</b>	<b>Fabricantes/Distribuidores</b>
<b>Contenedores plantados con la planta</b>		
<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
<b>Contenedores que son removidos antes de la plantación</b>		
<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)

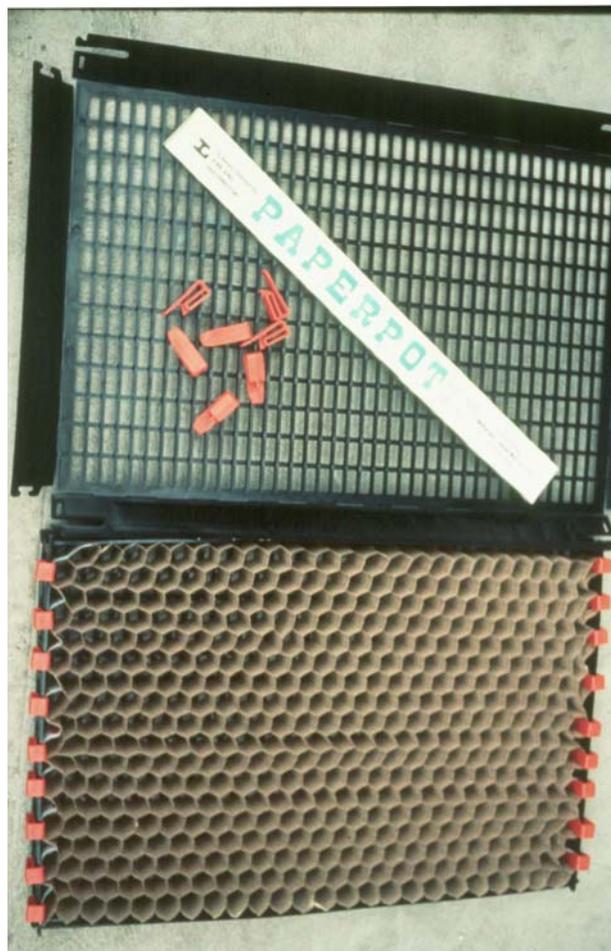
	<b>Material de construcción</b>	<b>Fabricantes/Distribuidores</b>
Ecopot	Papel con laminado plástico	Hakmet, Ltd. PO Box 248. Dorion, PQ, CANADA J7V7J5  Lannen, Inc. 880 Calle Plano, 1. PO Box 3383. Camarillo, CA, 93011
Stretch-A-Pot	Película de polietileno	Pan Agro. 2084 North, 1200 East. North Logan, 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 cm<sup>3</sup> (3.0 a 10.0 pulgadas cúbicas), y los intervalos para la densidad de crecimiento oscilan de 500 a 1,076 celdas/m<sup>2</sup> (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, promoviendo 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 cm<sup>3</sup> (2.5 a 21.5 pulgadas cúbicas), y con densidad de celdas de 516 a 1,280 celdas/m<sup>2</sup> (48 a 119 por pie cuadrado) (cuadro 2.1.1). Recientemente ha sido desarrollado un nuevo contenedor S/L de mayor capacidad (1,300 cm<sup>3</sup> u 80 pulgadas cúbicas), con una densidad de cultivo de 172 celdas/m<sup>2</sup> (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 rellenadas 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 cm<sup>3</sup> (2.5 a 30.0 pulgadas cúbicas), y densidades de cultivo de 270 a 1,108 celdas/m<sup>2</sup> (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 cm<sup>3</sup> (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 cm<sup>3</sup> (0.25 a 1.1 pulgadas cúbicas)], y producen elevadas densidades de cultivo [948 a 3,813 celdas/m<sup>2</sup> (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

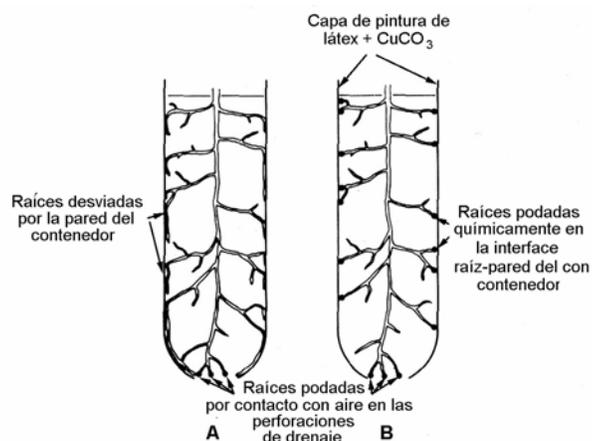
**Figura 2.1.21** Los contenedores miniatura son usados para cultivar plántulas pequeñas (A), las cuales, con solo unos pocos meses de edad, son trasplantadas luego a camas para producción a raíz desnuda. La plántula de *Picea* (spruce) en (B) había sido trasplantada sólo por unas pocas semanas, y ya 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 ( $\text{CuCO}_3$ ), 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  $\text{CuCO}_3$  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).



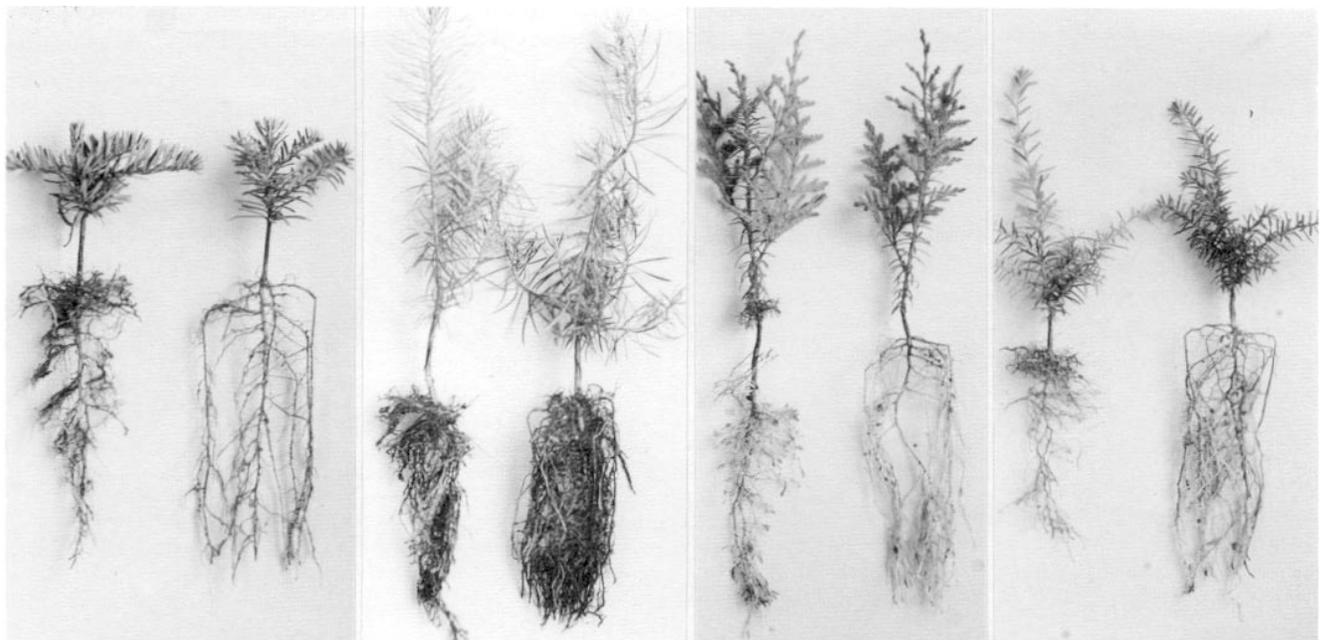
**Figura 2.1.22** La poda química de raíces involucra el tratamiento de la pared interior del contenedor con un producto químico inhibitor del crecimiento, como es el carbonato cúprico ( $\text{CuCO}_3$ ). En un contenedor no tratado (A), las raíces son desviadas hacia abajo hasta que son podadas por 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  $\text{CuCO}_3$  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  $\text{CuCO}_3$

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  $\text{CuCO}_3$  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  $\text{CuCO}_3$ , 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  $\text{CuCO}_3$ , 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  $\text{CuCO}_3$  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  $\text{CuCO}_3$  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  $\text{CuCO}_3$  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  $\text{CuCO}_3$  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  $\text{CuCO}_3$ , 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  $\text{Cu}^{2+}$ , 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  $\text{CuCO}_3$  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).



## 2.1.6. Literatura Citada

- 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 CuCO<sub>3</sub> 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 Styrobloc 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.