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.

2.1.1 Introducción

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) Rootrainers®) (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 reunen en una bandeja o portacontenedor para formar una unidad básica de manejo denominada bloque. Este contenedor es del tipo Deepot ®.

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

A

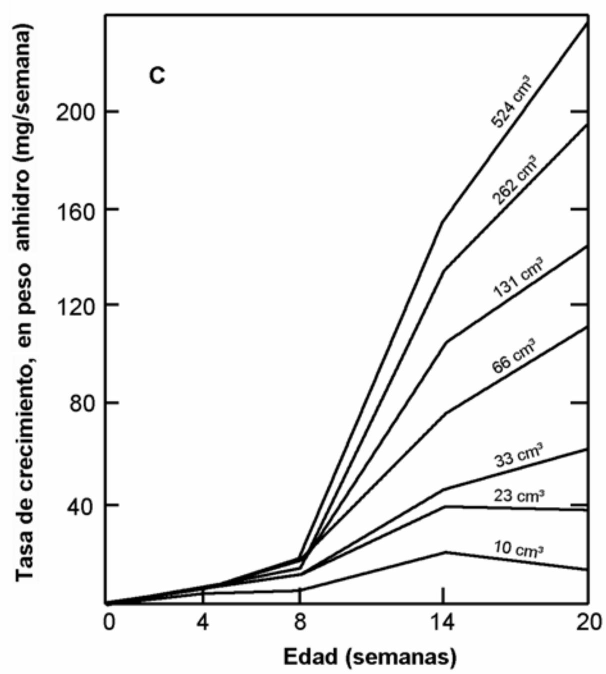

Figura 2.1.4 El tamaño del contenedor es uno de los factores más significativos que afectan el tamaño final de las plantas forestales, como en estos ***Pinus contorta*** (lodgepole pine) (A). En pruebas de crecimiento con esta especie, se halló que tanto el crecimiento estacional (B), como la tasa de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

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

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

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

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.

B

C

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).

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 Rootrainers ® 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

(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 discutirlas 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 espaciamiento, 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 trasplantadora 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.

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

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

	Material de construcción	Fabricantes/Distribuidores
Contenedores que son removidos antes de la plantación		
Celdas individuales en bandejas		
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
Contenedores tipo libro o tipo funda		
Spencer-Lemaire Rootrainer®	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
Contenedores en bloque		
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 System® Containerset	Polietileno de alta densidad	International Forest Seed Co. PO Box 290. Odenville, AL,35120
Deep Groove Tube Tray®	Polietileno de alta densidad	Growing Systems, Inc. 2950 North Weil Street. Milwaukee, WI, 53212
Capilano seedling tray	Polietileno de alta densidad	Capilano Plastics Co., Ltd. 1081 Cliveden Avenue. Annacis Island. New Westminster, BC, CANADA V3M 5V1
		Stuewe and Sons, Inc. 2290 SE Kiger Island Drive. Corvallis, OR, 97333
Todd® planter flat	Poliestireno expandido	Speedling Inc. Old Highway 41 South PO Box 7238. Sun City, FL, 33586
Seedling tray	Poliestireno expandido	Castle and Cooke. Techniculture, Inc. PO Box 1759. Salinas, CA, 93902
		Grow Tech, Inc. 56 Peckham Road. Watsonville, CA, 95076

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

	Material de construcción	Fabricantes/Distribuidores
Ecopot	Papel con laminado plástico	Hakmet, Ltd. PO Box 248. Dorion, PQ, CANADA J7V7J5 Lannen, Inc. 880 Calle Plano, 1. PO Box 3383. Camarillo, CA, 93011
Stretch-A-Pot	Película de polietileno	Pan Agro. 2084 North, 1200 East. North Logan, UT, 84321
Contenedores separados		
Treepot	Polietileno de alta densidad	Stuewe 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
Contenedores miniatura		
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"
Contenedores usados		Stuewe 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 jeffrey***i (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 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):

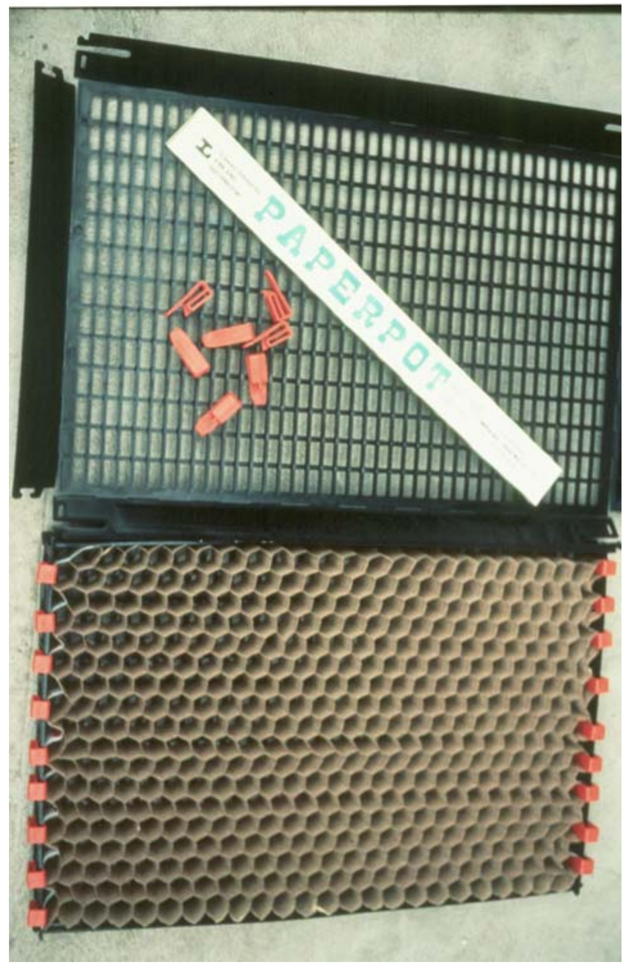

Figura 2.1.15 Las macetas de papel (paperpot) consisten de una serie de celdas de papel interconectadas, que están arregladas en un modelo similar al de un panal, y que se separan antes de la plantación (cortesía de Lannen, Inc., Camarillo, California).

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^3 (3.0 a 10.0 pulgadas cúbicas), y los intervalos para la densidad de crecimiento oscilan de 500 a 1,076 celdas/m^2 (49 a 100 por pie cuadrado) (cuadro 2.1.1).

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

Los contenedores tipo R/L Single Cells son las más populares en el noroeste de los Estados Unidos (Landis, 1982), donde fueron desarrolladas. Estos y otros tipos de sistemas de celdas individuales también son empleados en viveros distribuidos en el país (E.U.A.) y son particularmente populares en los viveros especializados en mejoramiento genético forestal. Otro contenedor con celdas individuales es el “tubo dibble” el cual tiene la misma forma de la herramienta utilizada para la plantación. Este contenedor es similar a la celda individual R/L, excepto que el primero fue específicamente diseñado para el cultivo de especies tropicales; este tubo es comúnmente utilizado en Hawaii, Guam, y en varios países.

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

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

Otros tipos de contenedores de celdas individuales, como el tubo de polietileno (polytube) o la bolsa de polietileno (polibag) (fig. 2.1.17), están construidos 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

Por haber sido originalmente desarrollado en Alberta, Canadá, el Rootrainer 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 Rootrainer 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 Rootrainers® 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^3 (2.5 a 30.0 pulgadas cúbicas), y densidades de cultivo de 270 a 1,108 celdas/m^2 (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^3 (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^3 (0.25 a 1.1 pulgadas cúbicas)], y producen elevadas densidades de cultivo [948 a 3,813 celdas/m^2 (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.

2.1.4 Poda Química de Raíz

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

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

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

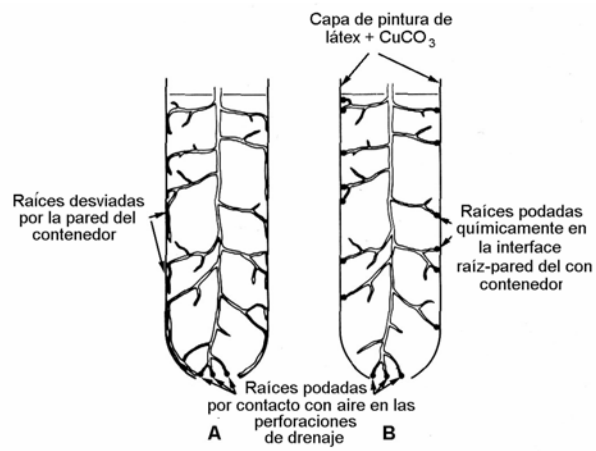

Figura 2.1.22 La poda química de raíces involucra el tratamiento de la pared interior del contendor con un producto químico inhibidor del crecimiento, como es el carbonato cúprico ($CuCO_3$). En un contenedor no tratado (A), las raíces son desviadas hacia abajo hasta que son podadas por entrar en contacto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

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

como el AIB, detuvieron el crecimiento radical de plantas de ***Pinus ponderosa*** (ponderosa pine) cuando se aplicaron en las paredes de los contenedores, pero también hallaron que el tratamiento a base de cobre resultó más eficiente. Romero *et al*. (1986) reportaron que el tratamiento con $CuCO_3$ incrementó significativamente el número de raíces laterales y la longitud tanto del tallo como de la raíz en plantas de ***Pinus caribaea*** (Caribbean pine) producidas en contenedor. Las plantas de ***Fraxinus pennsylvanica*** (green ash) y de ***Quercus spp***.(red oak) cultivadas en contenedores tratados con $CuCO_3$, resultaron de mayor tamaño que las plantas testigo, y presentaron además sistemas radicales más fibrosos y con distribución más regular (Arnold y Struve, 1989). Dong y Burdett (1986) refieren que contenedores de papel con cubierta de polietileno y tratados con sulfito cúprico (CuS) previnieron el espiralamiento de raíz, y que también detuvieron el crecimiento radical entre contenedores de papel sin la cubierta de polietileno. La distribución de la raíz dentro del contenedor ha sido otro problema frecuente, con la mayoría de puntas de raíces nuevas formándose en la perforación de drenaje al fondo del contenedor. Los contenedores tratados con cobre producen más raíces nuevas en las zonas media y superior del contenedor, lo que promueve una mejor estabilidad de la planta después de que es plantada (Wenny *et al*., 1988).

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

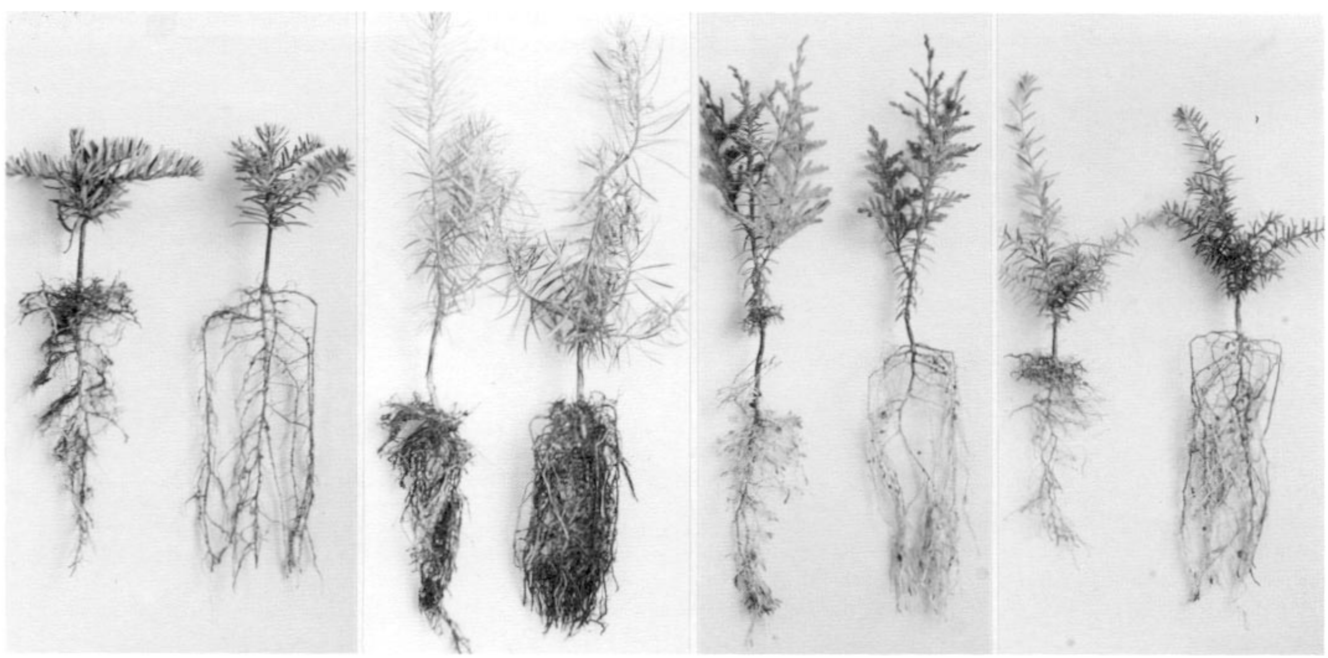

Figura 2.1.23 Las plantas podadas químicamente (izquierda de cada par) de cuatro coníferas diferentes, producen un sistema radical más fibroso y mucho más balanceado después de la plantación, en comparación con el de las plantas producidas en contenedores no tratados (derecha de cada par) (de izquierda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

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

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

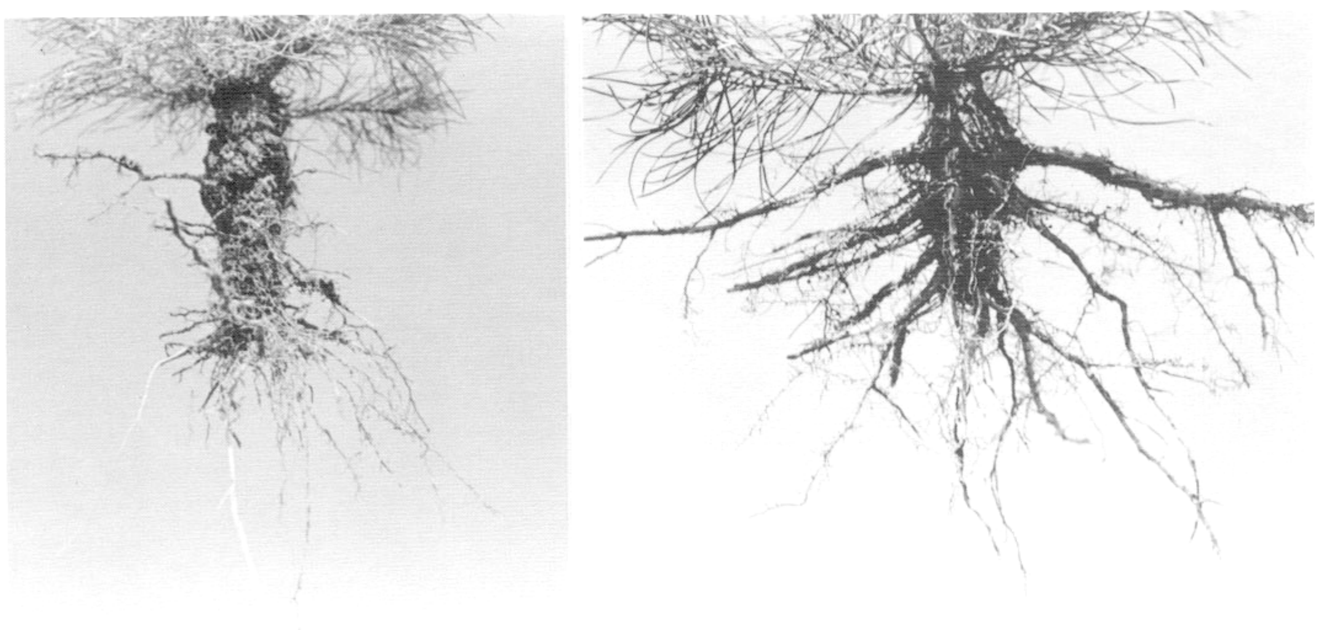

Figura 2.1.24 Cuatro años después de la plantación, las plantas de ***Pinus contorta*** (lodgepole pine) no tratadas (izquierda) tenían menos y más pequeñas raíces que las plantas químicamente podadas de la misma especie (derecha) (cortesía de Burdett *et al*., 1983).

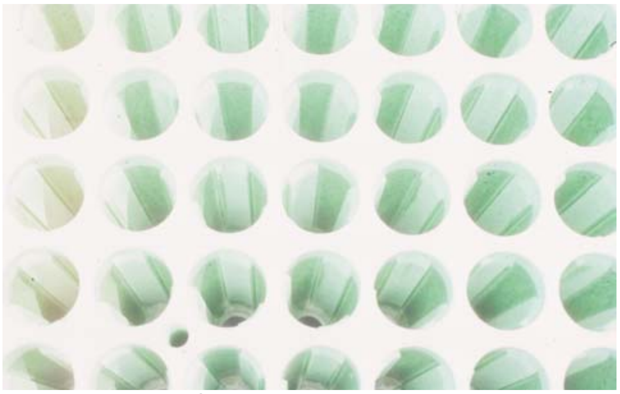

Figura 2.1.25 Características de las cavidades del contenedor Trimroot Styroplug®, que ha sido tratado con $CuCO_3$ para promover la poda química de raíces.

2.1.5. Conclusiones y Recomendaciones

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

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 elated 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 deve lopment 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-inplace, bareroot, and container-cultured plug Sitka spruce seedlings after outplanting. Canadian Journal of Forest Research 10:250-256.

Carlson, L.W.; Endean, 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 containterized confer 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. ault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 123-127.

Endean, 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 ange Experimental Station: 168-171.

Hocking, D.; Mitchell, D.L. 1974. The influences of rooting volume:seedling espacement 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. Pub. 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 esearch:95-98.

Kelly, G. 1982. The status of container planting programs in Canada. 9. Prince Edward Island. In:Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre:51-54.Kinghorn, J.M. 1974. Principles and concepts in container planting. In:Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E., ed. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council:8-18.

Klapprat, R.A. 1988. Greenhouse transplants for bareroot stock production. In:Landis, T.D., tech. coord. Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations; 1988 August 8-11; Vernon BC. Gen. Tech. Rep. RM-167. Ft. Collins, CO:USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 165-167.

Landis, T.D. 1982. The status of container planting programs in the Northern United States. 3. Northwestern United States. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 67-70.

Liegel, L.H.; Venator, C.R. 1987. A technical guide for forest nursery management in the Caribbean and Latin America. Gen. Tech. Rep. SO-67. New Orleans, LA:USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 156 p.

Macdonald, B. 1986. Practical woody plant propagation for nursery growers. Portland, OR:Timber Press. 669 p.

Matkin, O.A.; Chandler, P.A.; Baker, K.F. 1957. Components and development of mixes. In:Baker, K.F., ed. The U.C. system for producing healthy containergrown plants. Ext. Serv. Man. 23. Parramatta, Australia: The Australian Nurserymen's Association [first printed by the University of California, Division of Agricultural Experiment Station]:86-107.

Matthews, G. 1983. Seedling production for Crown Lands in British Columbia: guidelines for commercial container nurseries. Victoria, BC:Ministry of Forests Silviculture Branch. 45 p.

McDonald, S.E.; Tinus, R.W.; Reid, C.P.P. 1984a. Modification of ponderosa pine root systems in containers. Journal of Environmental Horticulture 2(1):1-5.

McDonald, S.E.; Tinus, R.W.; Reid, C.P.P.; Grossnickle, S.C. 1984b. Effect of CuCO3 container wall treatment and mycorrhizae fungi inoculation of growing medium on pine seedling growth and root development. Journal of Environmental Horticulture 2(1):5-8.

Mitchell, D.L.; Hocking, D.; Kay, W.C. 1972. Extruded peat cylinders: their physical characteristics as affecting tree seedling growth and greenhouse drought tolerance. Canadian Journal of Forest Research 2:479-486.

Nelson, W.R. 1990. Personal Communication. Pietermaritzburg, South Africa: Starke Ayres.

Pellett, H.; Litzow, M.; Mainquist, L. 1980. Use of metal compounds as root pruning agents. HortScience 15:308-309.

Peterson, M.; Sutherland, J.R. 1989. Grey mould control by seedling canopy humidity reduction through under-bench ventilation and Styroblock aeration. FRDA Rep. 077. Victoria, BC: Forestry Canada, Pacific Forestry Centre.

Rasanen, P.K. 1982. Containerized forest tree seedling production and development prospects in Finland and Scandinavia. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre:9-17.

Reese, K.H. 1974. The Ontario Tube. In:Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E. Proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council:211-213.

Ritchie, G.A. 1984. Root growth potential:principles procedures, and predictive ability. In:Duryea, M.L. Proceedings, Evaluating seedling quality:principles, procedures, and predictive abilities of major tests. 1984 October 16-18; Corvallis, OR. Corvallis, OR:Oregon State University, Forest Research Loboratory: 93-105.

Romero, A.E.; Ryder, J.; Fisher, J.T.; Mexal, J.G. 1986. Root system modification of container stock for arid land plantings, Forest Ecology and Management 16-281-290.

Ruehle, J.L. 1985. The effect of cupric carbonate on root morphology of containerized mycorrhizal pine seedlings. Canadian Journal of Forest Research 15:586-592.

Scarratt, J.B. 1972. Effect of tube diameter and spacing on the size of tubed seedling planting stock. Info. Rep. O-X-170. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre. 16 p.

Sharma, R.D. 1987. Some observations on coiling of roots in nursery raised plants. Journal of Tropical Forestry 3(3):207-212.

Simpson, D. 1988. Controlling cold hardiness and seedling size in southern interior container nurseries. FRDA Res. Memo 014. Vernon, BC:British Columbia Forest Service, Kalamalka Research Station. 1 p.

Sims, J. 1988. Shifting from paperpots to ecopots. Silviculture Magazine 3(2):10-12.

Sjoberg, N.E. 1974. The Styroblock container system. In:Tinus, R.W.; Stein, W.I.; Balmer, W.E., eds. proceedings, North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium; 1974 August 26-29; Denver, CO. Publ. 68. Great Plains Agricultural Council; 217-228.

Smyth, J.H.; Ramsay, K.L. 1982. Statistical summary of containerized seedling and bare-root programs in Canada:1980 situation and projections for 1983. In:Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, reat 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. Proccedings, 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, labama 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.