

# **Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor**

## **Volumen Uno**

### **Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero**

## **Capítulo 3**

### **Diseño del Vivero e Instalaciones para el Cultivo**

## Contenido

	Página
<b>1.3.1 Introducción</b>	<b>52</b>
1.3.1.1 El ambiente de propagación	52
Factores atmosféricos	52
Factores edáficos	52
Factores bióticos	52
1.3.1.2 Factores limitantes y diseño del vivero	52
Características del cultivo	53
Características climáticas locales	53
<b>1.3.2 Tipos de Estructuras para la Propagación</b>	<b>55</b>
1.3.2.1 Ambientes completamente controlados	55
Cámaras de crecimiento	55
Invernaderos	55
1.3.2.2 Ambientes semicontrolados	57
Invernaderos de paredes móviles	57
Invernaderos de arcos y túneles	57
Casa sombra	58
1.3.2.3 Ambientes mínimamente controlados (estructuras a cielo abierto)	59
<b>1.3.3 Selección de la Estructura de Propagación</b>	<b>61</b>
1.3.3.1 Terminología y funciones	61
1.3.3.2 Cargas del diseño	62
1.3.3.3 Cimentación y pisos	62
Materiales de construcción	62
Consideraciones de ingeniería	62
Consideraciones biológicas	62
Consideraciones de operación	63
1.3.3.4 Estructuras	64
Materiales de construcción	65
Consideraciones de ingeniería	65
Consideraciones biológicas	66
Consideraciones de operación	66
1.3.3.5 Cubiertas	67
Materiales de construcción	67
Consideraciones de ingeniería	72
Consideraciones biológicas	72
Consideraciones de operación	74
<b>1.3.4 Diseño de la Estructura para la Propagación</b>	<b>76</b>
1.3.4.1 Consideraciones biológicas	76
Tipo y tamaño del cultivo	76
Requerimientos para diferentes ambientes de producción	76
Duración del período de producción	76
Cultivos múltiples por temporada	77
Exclusión de plagas	78
1.3.4.2 Consideraciones económicas y políticas	79
Costos de construcción	79
Restricciones locales de construcción y políticas sobre impuestos	79
Contaminación del agua	80
Confiabilidad	81

	<b>Página</b>
1.3.4.3 Diseño espacial eficiente	81
Tamaño de los contenedores	81
Tipos de soporte para contenedores y sistemas de manejo	81
Estructuras a cielo abierto	82
Estructuras de propagación	83
Ejemplo para el cálculo del espacio	83
1.3.4.4 El diseño ideal del vivero	84
<b>1.3.5 Instalaciones de Servicio</b>	<b>85</b>
1.3.5.1 Área principal de operaciones	85
1.3.5.2 Almacenamiento de plaguicidas	87
1.3.5.3 Oficinas	87
1.3.5.4 Almacenamiento de planta	87
Refugios	87
Almacenamiento refrigerado	89
<b>1.3.6 Diseño y Orientación</b>	<b>94</b>
1.3.6.1 Ubicación de las áreas de propagación y orientación de las estructuras	94
1.3.6.2 Planeación para un fácil acceso y flujo de materiales	96
<b>1.3.7 Resumen</b>	<b>98</b>
<b>1.3.8 Literatura Citada</b>	<b>99</b>

### 1.3.1 Introducción

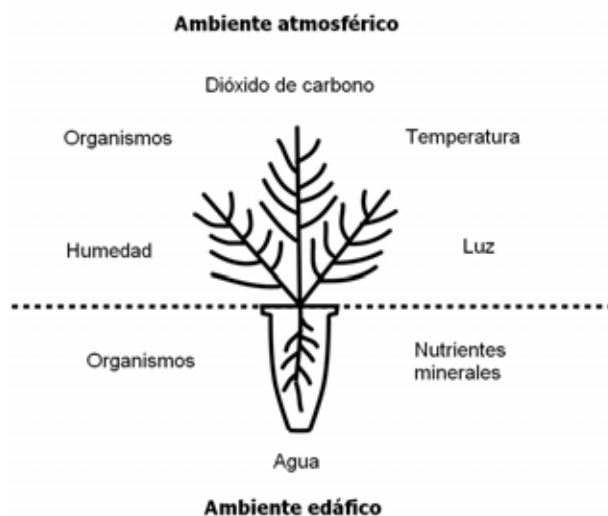
Una vez que el sitio ha sido seleccionado, el siguiente paso para desarrollar el vivero es considerar qué tanta modificación ambiental es necesaria para producir un cultivo de planta de calidad, dentro de un tiempo determinado. Para el cumplimiento de este objetivo, observe el sitio propuesto y discuta qué tanto los productores pueden modificar el ambiente desde un punto de vista cultural.

#### 1.3.1.1. El ambiente de propagación

Las condiciones de un vivero que produce en contenedor han sido modificadas radicalmente del ambiente natural, por lo que el término es requerido para describir un amplio intervalo de posibles estructuras para el vivero. Se ha utilizado el término **ambiente de propagación**, ya que es muy amplio y no está limitado a un tipo de estructura en particular o a un sistema de producción. Un ambiente de propagación contiene dos partes que están relacionadas entre sí: el componente atmosférico y el componente edáfico.

**Factores atmosféricos.** Los principales factores del ambiente atmosférico son: luz, temperatura, humedad y dióxido de carbono (fig. 1.3.1). Los factores ambientales son fuertemente afectados por la ubicación geográfica y por el tipo de instalaciones del vivero, por lo cual, deberán tomarse muy en cuenta al momento de la selección del sitio y de la construcción de las estructuras para la propagación. El clima del sitio determinará qué tipo de ambiente de propagación se requerirá. Si el ambiente es templado y el tiempo de producción no es una limitante importante, entonces el vivero puede establecerse con instalaciones a cielo abierto o con una estructura de propagación de bajo costo. Por otra parte, si el clima es adverso y la planta requiere ser producida en un tiempo muy corto, entonces será necesario establecer un invernadero completamente automatizado.

**Factores edáficos.** Los dos factores principales del ambiente edáfico son el agua y los nutrientes minerales (fig. 1.3.1). En los viveros de contenedor, los factores edáficos son independientes de la ubicación del vivero y pueden ser completamente controlados por el tipo de contenedor, el sustrato y las prácticas culturales (ver el volumen dos de este manual para mayor información sobre los contenedores y medios de crecimiento).



**Figura 1.3.1** La planta en contenedor es afectada por factores "limitantes" en la atmósfera y en el medio de crecimiento.

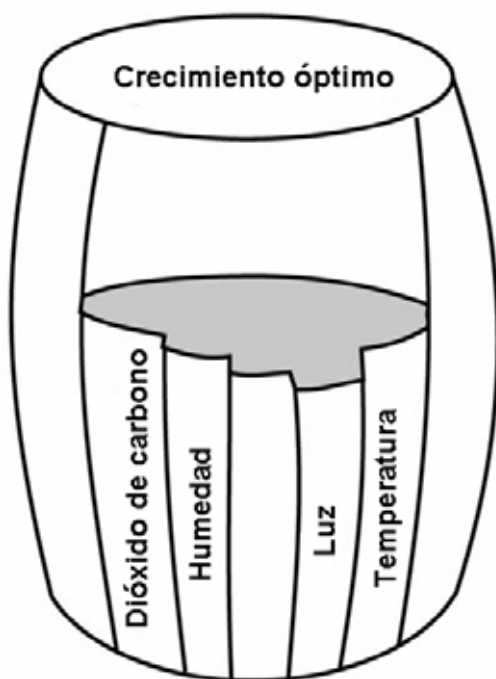
**Factores bióticos.** Tanto los componentes atmosféricos como edáficos contienen otros organismos que pueden afectar el crecimiento de la planta tanto positiva como negativamente (fig. 1.3.1). Una de las primeras ventajas del cultivo de producción en contenedor, es que los productores tienen un mayor control sobre los factores biológicos y pueden diseñar los ambientes de propagación, a fin de excluir las plagas y enfermedades. En efecto, en climas donde las condiciones climáticas son ideales para el crecimiento de la planta, una de las consideraciones más importante en el diseño es la exclusión de plagas y enfermedades. Los viveristas pueden además incentivar la propagación de microorganismos benéficos, por ejemplo, mediante la inoculación del sustrato con hongos micorrízicos. (El efecto de las plagas y enfermedades en el diseño del vivero se discute en la sección 1.3.4.1, y un análisis detallado del componente biológico del ambiente de propagación, es proporcionado en el volumen cinco de este manual).

#### 1.3.1.2 Factores limitantes y diseño del vivero

Los desarrolladores de viveros pueden utilizar el concepto de factores limitantes para determinar las condiciones ambientales que deberán ser modificadas en el sitio. El **principio de factores limitantes** establece que, cuando un proceso es gobernado por varios factores, su tasa es limitada por el factor que esté más cercano al requerimiento mínimo (Odum, 1971). Conceptualmente, la idea de los factores limitantes puede ser visualizada con la analogía del barril de madera que Whitcomb (1988)

usa para explicar las deficiencias de los nutrientes minerales. El crecimiento de la planta es representado por el agua en un barril, que está construido de duelas de madera, cada una de las cuales representan un factor limitante diferente (fig. 1.3.2). El nivel de agua (tasa de crecimiento de la planta) en cualquier momento o ubicación, está limitado por la altura de la duela más corta (el factor limitante) en el barril.

Si nosotros extrapolamos este concepto al diseño del vivero, podemos identificar aquellos factores ambientales que son potencialmente limitantes al crecimiento de la planta. El reto del desarrollador radica en identificar esos factores que podrían limitar el crecimiento de la planta, y en realizar el diseño del ambiente de propagación que mantendrá dichos factores tan cerca de sus niveles óptimos como sea posible.



**Figura 1.3.2** Los factores limitantes pueden ser visualizados como las duelas de un barril de madera, las cuales controlan la tasa de crecimiento, representada por el nivel de agua del barril (modificado de Whitcomb, 1988).

**Características del cultivo.** Un buen diseño de vivero en contenedor, reflejará las condiciones ambientales en el sitio y los requerimientos biológicos de un cultivo específico. Un ambiente de propagación que es ideal para un grupo de plantas, puede no serlo para otro desde el punto de vista económico o biológico. Sin embargo, muchos viveros producen una gran cantidad de diferentes especies, por lo cual es muy común que tengan que diseñarse ambientes de propagación para

satisfacer los requerimientos de varios grupos de cultivos. Desde un punto de vista práctico, muchos constructores de viveros deben comprometerse para obtener un tipo de ambiente en el cual sea posible producir un amplio grupo de especies.

Los cultivos forestales con fines de conservación pueden demandar diferentes requerimientos ambientales y de propagación, por lo cual los diseñadores deberán involucrarse dentro del proceso del diseño. Una de las características que hace que las plantas forestales sean diferentes a la mayoría de los cultivos en viveros ornamentales u hortícolas, es que dichas plantas son establecidas en lugares agrestes o difíciles, sin el subsecuente cuidado. Debido a que la producción de planta deberá ser endurecida adecuadamente para evitar el estrés de la plantación, las estructuras de propagación tradicional y los regímenes de crecimiento deberán modificarse. Estos tipos de ambientes especiales de propagación son discutidos en la sección 1.3.2. Los constructores deberán tener una idea de los requerimientos biológicos de las especies forestales. Esto puede hacerse mediante la visita a otros viveros en la región, o mediante la consulta de los programas de producción incluidos en el volumen seis de esta serie.

**Características climáticas locales.** El constructor deberá determinar las modificaciones ambientales que serán necesarias en el sitio seleccionado. Las plantas producidas en contenedor han sido desarrolladas en una amplia variedad de ambientes, desde estructuras a cielo abierto hasta sofisticados invernaderos. Por supuesto, los costos del desarrollo y operación del vivero se incrementan a medida que se modifican a un mayor grado las características de un ambiente de propagación. Aún y cuando un invernadero automatizado puede optimizar todos los factores ambientales que limitan el crecimiento (tabla 1.3.1), una simple y menos sofisticada estructura de propagación puede ser la opción más económica para muchos ambientes. El vivero que logra acoplar los requerimientos biológicos del cultivo a las condiciones ambientales del sitio, podrá ser la opción más económica, por lo cual los constructores de viveros deberán destinar un tiempo considerable al análisis del sitio, antes de que sea seleccionado el ambiente de propagación. (Las especificaciones de la selección del sitio son comentadas en el Capítulo dos de este manual).

**Tabla 1.3.1** – Potencial para controlar los factores limitantes en diferentes ambientes de propagación.

Factores limitantes	Tipo de ambiente de propagación		
	Mínimamente controlado	Semicontrolado	Completamente controlado
<b>Atmosféricos</b>			
Alta temperatura	No	Parcial	Si
Baja temperatura	No	Si	Si
Humedad	No	Parcial	Si
Fotoperíodo (luz)	Si	Si	Si
Fotosíntesis (luz)	No	Si	Si
Calidad de luz	No	Si	Si
Dióxido de carbono	No	Parcial	Si
Plagas y enfermedades	No	Parcial	Si
<b>Edáficos</b>			
Agua	Si	Si	Si
Nutrientes minerales	Si	Si	Si
Enfermedades	Si	Si	Si

## 1.3.2 Tipos de Estructuras para la Propagación

Los viveros en contenedor pueden ser clasificados por la cantidad relativa de modificación ambiental en: ambientes totalmente controlados, ambientes semicontrolados y ambientes mínimamente controlados.

### 1.3.2.1 Ambientes completamente controlados

Requieren de una estructura de propagación que contiene todo el equipo necesario para el control ambiental, a efecto de mantener en niveles óptimos los factores limitantes potenciales (tabla 1.3.1).

Operativamente, un ambiente de propagación completamente controlado tiene muchos atributos biológicos positivos (tabla 1.3.2). Éstos son adecuados para casi cualquier tipo de clima, y debido al alto grado de control ambiental, el riesgo por perder un cultivo debido a climas severos es muy bajo. Las condiciones favorables permiten que los cultivos anuales puedan ser producidos con una rotación de tres a nueve meses, haciendo múltiples cultivos bajo una variedad de posibilidades. Sin embargo, este tipo de estructuras son las más caras de construir y operar, primariamente debido a los altos requerimientos de energía.

**Tabla 1.3.2** Consideraciones de operación para la selección de un ambiente de propagación

Factores	Mínimamente controlado	Tipo de ambiente Semicontrolado	Completamente controlado
<b>Biológicos</b>			
Clima (ambiente)	Templado	Moderado	Cualquiera
Estación de cultivo	Verano	Primavera a Otoño	Todo el año
Tiempo de producción	6 – 24 meses	3 – 12 meses	3 – 9 meses
Riesgo de perder el cultivo	Alto	Bajo	Bajo
<b>Económicos</b>			
Costos de construcción	Bajo	Medio	Alto
Costos de mantenimiento	Bajo	Medio	Alto
Uso de energía	Bajo	Bajo a medio	Alto

**Cámaras de crecimiento.** Es el único ambiente de propagación que controla completamente todos los factores que potencialmente pueden limitar el crecimiento (tabla 1.3.1). La principal ventaja de estas cámaras sobre los invernaderos, es que proporcionan todas las características de la luz (intensidad, duración y calidad). Además, dado que están completamente aisladas del ambiente exterior, las cámaras no sufren las radicales fluctuaciones de la temperatura que algunas veces resultan de cambios en la incidencia de radiación solar. Aunque éstas han sido utilizadas para pruebas de germinación y otro tipo de experimentos, sólo pocas compañías han desarrollado cámaras lo suficientemente grandes para la producción de planta en forma masiva. Dos de este tipo de cámaras fueron construidas bajo tierra en minas, sin embargo, han resultado ser económicamente inviables. Actualmente, la Directiva para el Manejo de los Recursos de Hierro y Rehabilitación, está operando una cámara de crecimiento en Chisholm, Minnesota, Estados Unidos, y produciendo planta para las actividades de restauración de áreas minadas (fig. 1.3.3). En los últimos 10 años, han producido 44 especies de plantas en dos cultivos por año a precios competitivos. Las cámaras de crecimiento también

son utilizadas en micropropagación, para la producción de propágulos antes de que éstos sean movidos hacia un ambiente de crecimiento común.

**Invernaderos.** Son el método tradicional para la producción de planta en contenedor, y pueden estar equipados completamente para controlar el ambiente de propagación (fig. 1.3.4A). Los invernaderos difieren de las cámaras de crecimiento en que utilizan radiación solar, la cual es “atrapada” dentro de una estructura transparente para convertirla en calor (el “efecto invernadero”). El inconveniente de la cubierta transparente es que los invernaderos tienen inherentemente un bajo nivel de aislamiento y requieren de equipo tanto para un buen calentamiento, como enfriamiento, a efecto de mantener un buen control de la temperatura. Dependiendo de si las condiciones climáticas son áridas o húmedas, el ambiente del invernadero puede requerir humidificación o deshumidificación. Muchas de las especies forestales son sensibles a cambios en la duración de los días, por lo cual, comúnmente son instalados equipos para proporcionar luminosidad fotoperiódica, a fin de prevenir la dormancia. Los generadores de dióxido de carbono pueden ser utilizados para promover tasas de rápido



crecimiento. Los sistemas de irrigación con inyectores para la fertilización, pueden proporcionar cantidades óptimas de agua y todos los principales nutrientes esenciales. Un equipo sofisticado para el control ambiental es utilizado para equilibrar los diferentes factores y mantenerlos a niveles óptimos.



A



B

**Figura 1.3.3** Las cámaras de crecimiento pueden ser construidas en cualquier sitio (A), dado que controlan todos los factores limitantes para el crecimiento de las plantas (B) (cortesía de Daniel Jordan, Directiva para el Manejo de los Recursos de Hierro y Rehabilitación, en los Estados Unidos).



A



B

**Figura 1.3.4.** Los invernaderos han sido diseñados para captar la radiación solar y pueden estar equipados para controlar los factores que limitan el crecimiento de las plantas (A). Dado que los cultivos forestales con fines de conservación deben ser completamente endrecidos, algunos productores remueven la cubierta plástica al final de la estación de crecimiento (B).

La forma tradicional de realizar el cultivo en los viveros forestales, fue el iniciar la producción de planta en invernaderos, para posteriormente moverla a áreas con malla media sombra para su endurecimiento. En efecto, los viveristas pronto entendieron que la fase de endurecimiento era la que representaba el mayor reto, y comenzaron a ver las formas para modificar los programas de producción. Muchos iniciaron retirando la cubierta del invernadero, de forma tal que podían aclimatizar sus cultivos en el mismo sitio, sin necesidad de utilizar mano de obra adicional ni gastos para el movimiento de las plantas (fig. 1.3.4B). Otros iniciaron buscando modificaciones estructurales al invernadero tradicional completamente controlado.



### 1.3.2.2 Ambientes semicontrolados

Esta categoría incluye una gran variedad de estructuras de crecimiento que, como su nombre lo indica, son diseñadas para controlar sólo ciertos aspectos del ambiente (tabla 1.3.1). La planta forestal puede ser producida en estructuras semicontroladas en casi todos los climas severos (tabla 1.3.2). Dependiendo del tipo de estructuras, los cultivos pueden ser producidos de la primavera al otoño, generalmente con una producción anual; los cultivos de invierno generalmente no son considerados económicos. Algunos de estos tipos de estructuras, especialmente las de malla media sombra y los túneles, son comúnmente utilizados para el endurecimiento y el almacenamiento de planta en forma intermitente. Desde un punto de vista económico, los ambientes semicontrolados son baratos en cuanto a su construcción y operación, aunque existe una variación significativa entre los diferentes tipos de estructuras.

**Invernaderos de paredes móviles.** Son una modificación de los invernaderos tradicionales. Su característica principal es que cuentan con un techo permanente y transparente, con paredes móviles que pueden ser enrolladas o abiertas hacia el lado opuesto (Hahn, 1982). Este diseño permite una flexibilidad considerable en el control del ambiente. Durante la primavera o en climas que son templados en cualquier momento de la estación de crecimiento, las paredes laterales son bajadas y el sistema de calefacción es prendido para mantener una temperatura ideal. Cuando las condiciones ambientales son favorables, las paredes pueden ser levantadas para permitir la ventilación natural (fig. 1.3.5A), eliminando la necesidad de contar con un sistema de enfriamiento. Además de esta clase de modificaciones, a estos invernaderos se le puede integrar algunos o todos los equipos de control ambiental disponibles para los invernaderos tradicionales, y así lograr modificar la mayoría de los factores limitantes.

Recientemente, nuevas tecnologías a base de sistemas computarizados y una gran variedad de materiales para sombra, han hecho posible la fabricación de una gran cantidad de diferentes tipos de ambientes de propagación semicontrolados. Una innovación de este tipo de invernadero ha sido desarrollada recientemente; su techo es retráctil, y puede modificar la cantidad de luz solar y la temperatura del cultivo, de acuerdo a como cambien las condiciones climáticas (Vollebregt, 1993). En el techo se puede usar tela transparente o de malla sombra, para producir una gran variedad de condiciones de luz dentro del

ambiente de propagación. De la misma forma que en el invernadero, el techo puede dejarse cerrado desde un poco antes del inicio y durante de la estación invernal, cuando se presentan condiciones de fuerte frío, y abrirse pasadas las mismas, a fin de exponer el cultivo a las condiciones ambientales (fig. 1.3.5 B y C). Dicha característica hace que este tipo de estructuras con techo corredizo sea particularmente valiosa para las especies forestales, ya que pueden ser aclimatizadas (endurecidas) gradualmente, de acuerdo a las condiciones del sitio de plantación, siendo así protegidas contra condiciones climáticas extremas. Las estructuras de propagación que cuentan con techos retráctiles pueden también ser diseñadas con una cortina interna para producir sombra, a modo de controlar la intensidad de la luz solar y la temperatura del cultivo. Las cortinas pueden ser controladas a través de un equipo de cómputo, controlando la apertura y cierre en forma automática en un tiempo de tres a seis minutos, respondiendo a los cambios ambientales en la intensidad de luz solar. Esto le permite al cultivo recibir una mayor cantidad de luz solar durante las primeras horas de la mañana y al atardecer, y durante todo el día, bajo condiciones de nubosidad.

**Invernaderos de arcos y túneles.** Este tipo de estructuras se caracterizan por ser de arcos de metal arqueados de bajo perfil, que tienen la capacidad de calentarse rápidamente en climas soleados, por lo que fueron primeramente utilizados en climas fríos. Algunos viveros han utilizado grandes estructuras (**túneles altos**) para la propagación, iniciando la producción en un invernadero de planta en contenedor y, posteriormente, transfiriendo dicha producción para su crecimiento final y durante la temporada invernal (fig 1.3.6A). Los túneles altos también pueden ser equipados con calentadores portátiles, por lo que las plantas pueden ser germinadas en éstos. Durante los días cálidos, los costados de los túneles comúnmente son enrollados para proporcionar ventilación o son cubiertos con malla media sombra. En forma adicional al calor proporcionado por el sol o mediante otra forma complementaria, las plantas producidas en los túneles reciben riego y fertilización sólo durante la estación de crecimiento. Este reducido nivel de prácticas culturales produce tasas de crecimiento relativamente bajas, por lo que es posible que la producción deba permanecer en el invernadero por un año más. Las estructuras pequeñas (túneles bajos) son muy reducidos como para dar acceso a equipo motorizado, por lo que son normalmente utilizados para el mantenimiento de la producción durante la época invernal (fig. 1.3.6B, y sección 1.3.5.4).



A



A



B



B



C

**Figura 1.3.5** Las estructuras de propagación semicontroladas son diseñadas para permitir modificaciones rápidas y fáciles del ambiente de crecimiento, mediante el levantamiento de las cubiertas laterales (A) o mediante el ajuste de la cubierta en el techo (B y C) (B y C: cortesía de Richard Vollebregt, Compañía de Equipos Cravo).

**Figura 1.3.6** Los invernaderos de arcos y túneles son estructuras de bajo costo que pueden crear un ambiente semicontrolado para la propagación (A) o pueden servir para mantener la producción durante el invierno (B).

**Casa sombra.** Tradicionalmente, las cubiertas de las estructuras de la casa sombra fueron a base de cerca para nieve o duelas de madera, sin embargo, en la actualidad existe una gran variedad de diferentes cubiertas en cuanto a densidad, materiales y colores (fig 1.3.7A). Las casas sombra están comúnmente equipadas con sistemas de irrigación y fertilización, sin embargo, otros factores limitantes mantienen el área a niveles ambientales. Aunque tradicionalmente han sido utilizadas para el endurecimiento de la planta o como áreas de mantenimiento, las casas sombra son utilizadas en los viveros forestales para la propagación de ciertas especies, así como para finalizar la producción de cultivos con diferentes regímenes. En algunos casos, las plantas o estacas son desarrolladas en sus primeras fases en el invernadero, y posteriormente son movidas hacia la casa sombra para completar su período de crecimiento, antes de su salida a campo (fig 1.3.7B). En climas fríos, este tipo de estructura también es utilizada para el mantenimiento de la



producción en la época invernal (ver sección 1.3.5.4).

La casa sombra ha encontrado una gran aceptación en las áreas tropicales y subtropicales, donde la intensidad de la luz solar es muy intensa para las plántulas, y las lluvias torrenciales y vientos intensos pueden dañar al cultivo. En tales climas, este tipo de estructuras con techos permanentes y mallas laterales abiertas (fig. 1.3.7C) pueden lograr los objetivos culturales y además, excluir insectos y otro tipo de plagas del área de crecimiento. La selección del material para la sombra es importante. La malla sombra de tela blanca ayuda a mantener un ambiente fresco, mediante el reflejo de la luz solar; las mallas de punto son mejores que las producidas con materiales tejidos (George, 1993).



A



B



C

**Figura 1.3.7** Las casas sombra son estructuras de propagación semicontroladas, que pueden modificar la luz solar y ser utilizadas tanto para la propagación (A) como para el endurecimiento de cultivos (B). Este tipo de estructuras son particularmente útiles en los climas tropicales y subtropicales (C). (B, cortesía de Daniel Jordan, Barra de Recursos de Hierro y Rehabilitación, en los Estados Unidos).

### 1.3.2.3 Ambientes mínimamente controlados (estructuras a cielo abierto)

Las estructuras a cielo abierto fueron desarrolladas para producir planta barata en contenedor, que estuviera bien aclimatizada a las condiciones ambientales. El complejo es planeado de forma tal que cuente con un buen drenaje y un adecuado control de las malas hierbas (mediante una cubierta), además de la cobertura de otras superficies con gravilla o pavimentadas con asfalto (fig. 1.3.8A). Aún y cuando ofrecen un bajo control sobre las condiciones ambientales, todas son equipadas con líneas de riego semifijas por las cuales es posible aplicar el riego y la fertilización (tabla 1.3.1). En climas fríos, algunas de estas estructuras están equipadas con alumbrado fotoperiódico (fig 1.3.8B). Los contenedores pueden ser puestos en camas, plataformas o directamente en el suelo, aunque esto último no es

recomendado, dado que no existe una buena aireación para promover la poda de raíces. Los contenedores son organizados en largas camas o hileras, cuyas dimensiones son determinadas por el sistema de riego o por el manejo mismo de la planta. En algunos viveros, las plántulas son germinadas en cámaras especiales, pero en otras localidades, la germinación se realiza en lugares alternos.

Aunque las estructuras a cielo abierto son las más económicas para la producción de planta en contenedor, las tasas de crecimiento son bajas y, dependiendo del clima, puede tomar de uno a dos años el producir una planta que pueda estar lista para ser embarcada. Los daños climáticos tales como heladas negras o lluvias torrenciales son una constante preocupación, pues el riesgo de perder el cultivo es el más alto de entre todos los diferentes ambientes de propagación (tabla 1.3.2). El daño por frío de las plantas sobreexpuestas a condiciones invernales, es un serio problema en viveros ubicados en mayores latitudes y elevadas altitudes.



A



B

**Figura 1.3.8** De los ambientes de propagación, las estructuras a cielo abierto son las que ofrecen un mínimo control del ambiente, sin embargo, con los sistemas de riego se puede controlar el suministro de agua y la aplicación de los nutrientes minerales (A), mientras que algunos productores integran luz fotoperiódica para extender la longitud de las horas luz (B).

### 1.3.3 Selección de la Estructura de Propagación

Para modificar el ambiente de crecimiento de las plantas se han utilizado una gran variedad de estructuras, y el propósito de la siguiente discusión es introducir al diseñador y constructor de viveros en la terminología y conceptos básicos. Para mayor información sobre los aspectos de ingeniería y operación, el lector deberá consultar bibliografía básica de invernaderos (Nelson, 1991, Aldrich y Bartok, 1989, Boodley, 1981 y Hanan *et al.*, 1978). Las empresas de suministros agrícolas también pueden proporcionar información y consejos sobre el mejor tipo de estructuras de crecimiento, para un clima y aplicación particular.

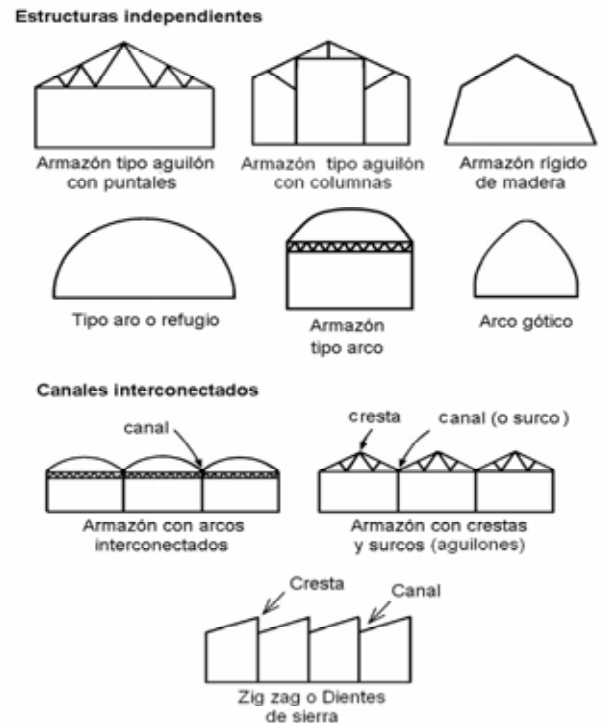
#### 1.3.3.1 Terminología y funciones

Los invernaderos y otros tipos de estructuras de propagación, cuentan con una gran variedad de formas y tamaños (fig. 1.3.9). Estos pueden ser clasificados con base en tres factores: forma externa, sistema de soporte interno, y si son independientes o interconectados.

La forma externa de la estructura de propagación es el reflejo de su función para capturar la máxima cantidad de luz solar, mientras se protege al cultivo de las condiciones climáticas adversas. Muchas construcciones fueron diseñadas para satisfacer una condición específica en una región geográfica en particular. Por ejemplo, en climas fríos, las estructuras góticas son más comunes porque pueden deshacerse de la nieve más fácilmente. Los tipos zig-zag (o dientes de sierra) son diseñados para obtener una buena ventilación, por lo cual son la mejor opción en climas cálidos. Las nuevas innovaciones también afectan el diseño. El bajo costo de los nuevos tipos de cubiertas de polietileno, y su mayor capacidad de aislamiento, han hecho que las estructuras de polietileno tipo “bi-capa” sean muy atractivas. Por otra parte, las estructuras con columnas internas son raramente utilizadas en la actualidad, ya que se encuentran disponibles una amplia gama de estructuras tipo armazón.

El tipo de estructura de propagación también depende de los recursos económicos del constructor y de la disponibilidad de materiales locales. Las estructuras de armazón fijo, a base de madera, son baratas donde la madera es abundante y pueden ser fácilmente construidas. El diseño deberá reflejar también planes de ampliaciones futuras. Por ejemplo, el diseño inclinado es sólo utilizado en construcciones interconectadas al nivel de la canaleta, sin embargo, una estructura simple puede ser

construida hasta que la futura ampliación pueda ser financiada (Bartok, 1993).



**Figura 1.3.9** Las estructuras de propagación se encuentran disponibles en una gran variedad de formas y tamaños, y pueden ser clasificadas como independientes o de canales interconectados (modificado de Aldrich y Bartok, 1989).

Las estructuras independientes son ideales para viveros nuevos, dado que ofrecen una mayor flexibilidad. Los constructores pueden iniciar con una o dos estructuras y posteriormente sumar otras, en la medida que el negocio mejore. Los invernaderos individuales son muy populares en los viveros forestales, dado que diferentes cultivos pueden ser producidos en diferentes ambientes. Estos a su vez ofrecen un mejor acceso y desalojan más fácilmente la nieve que una estructura de armazones múltiples. Por el contrario, las estructuras interconectadas ofrecen un uso más eficiente del espacio, mayor eficiencia de la mano de obra, y menores costos de calentamiento. Por ejemplo, una hectárea de estructuras interconectadas usará cerca de 25% menos de calor que la misma superficie con estructuras independientes (Bartok, 1991a), por lo cual son más prácticas donde el terreno es limitado o costoso.

De la misma forma que cualquier construcción, las estructuras de propagación deben ser edificadas para soportar un diseño de cargas específico.



### 1.3.3.2 Cargas y diseño

Existen tres tipos de cargas, que son un reflejo de las características de ingeniería de la misma estructura y de las condiciones climáticas locales:

- Carga muerta del peso de la estructura
- Carga viva provocada por el uso de la construcción
- Cargas relacionadas con el tiempo atmosférico, como el viento y nieve

Además del peso de la estructura y de la cubierta, los cálculos de la carga muerta deberán incluir cualquier equipo que sea soportado por la estructura. La carga viva incluye a la gente que trabaja en el techo y manejando plantas (Aldrich y Bartok, 1989). Las cargas por viento pueden ser significativas en muchas localidades y ambientes, y el peso de la nieve es una seria consideración en los lugares de elevadas latitudes y gran altitud. Existe Información disponible sobre estadísticas de temperatura, velocidad del viento y de cargas promedio esperadas de nieve (Plan de Servicio del Medio Oeste, 1983). Los constructores de viveros deberán consultar con un especialista o distribuidor de invernaderos para obtener una estimación de las cargas del diseño, antes de comenzar a planear la estructura de propagación.

En la siguiente sección se discuten las ventajas y desventajas de los diferentes tipos de estructuras de propagación, con base en las tres funciones siguientes:

- **Ingeniería** – Soportar con seguridad las cargas del diseño
- **Biológicas** – Capturar la máxima cantidad de luz solar y proteger al cultivo de los climas adversos, plagas y enfermedades
- **Operación** – Permitir el fácil acceso y manejo de materiales y plantas

### 1.3.3.3 Cimentación y pisos

La función más importante de la cimentación es la de sujetar la estructura al suelo, dado que los fuertes vientos causan un efecto de levantamiento (Aldrich y Bartok, 1989). La planificación de una estructura deberá también contar con una buena cimentación, para contrarrestar todas las diferentes fuerzas de carga, mantener un ambiente limpio y libre de plagas y enfermedades, y proporcionar una base sólida para los soportes de los contenedores y el sistema de manejo.

**Materiales de construcción.** Las cimentaciones son hechas con concreto, mientras que los pisos pueden ser de concreto, asfalto o gravilla, cubriendo el resto con una malla para el control de las malas hierbas. La mejor base y piso para una estructura de propagación deberá ser en un término medio entre las consideraciones de ingeniería, biológicas y de operación, aunque será mayormente determinada por los fondos disponibles. Los pisos de concreto tienen muchas ventajas, sin embargo, los senderos entre las camas de crecimiento hechos a base de concreto o asfalto son la opción menos costosa (fig 1.3.10). El suelo desnudo, o incluso un suelo cubierto con rollos plásticos o mallas para controlar la emergencia de malas hierbas, nunca es recomendado en las áreas de propagación.

**Consideraciones de ingeniería.** A diferencia de otro tipo de construcciones, los cimientos de muchas de las estructuras de propagación no son continuos a lo largo del perímetro de la construcción; en cambio, muchas los tienen como bases de pilares que consisten de una serie de basamentos de concreto al pie de la estructura, por debajo de la línea de helada (Boodley, 1981). Los basamentos individuales deben contar con la ingeniería para ajustarse a las cargas proyectadas y a las condiciones del suelo, y que su espaciamiento corresponda con la distancia entre soportes primarios de la estructura (fig. 1.3.11A). Si los elementos de la estructura primaria están espaciados más de 1.2 m (4 pies), entonces es común que se utilice una pared de mampostería o de concreto (Aldrich y Bartok, 1989).

Muchos diseños utilizan una pared o cortina de concreto, bloques de cemento, paneles compuestos de espuma de aluminio y vinil, o de madera, a lo largo del perímetro de la estructura para cubrir el área entre los basamentos (fig. 1.3.11B). Aún y cuando esto no proporciona un soporte estructural, la cortina deberá extenderse por debajo de la línea del suelo para la exclusión de las plagas y enfermedades, y debe ser aislante en climas fríos (Boodley, 1981). El piso de la estructura de propagación no proporciona ningún tipo de soporte, por lo que las consideraciones biológicas y operativas toman prioridad.

**Consideraciones biológicas.** Un piso sólido es fundamental para mantener limpia y libre de plagas y enfermedades el área de propagación. El musgo y las algas son siempre un problema en los viveros que producen en contenedor, así como los insectos y algunas clases de enfermedades fungosas de las malas hierbas que crecen en o alrededor de las estructuras de propagación. Por esto, uno de los

principios básicos de un buen programa para el manejo de plagas y enfermedades, es mantener regularmente limpia la superficie del suelo. Con la creciente preocupación sobre la contaminación del agua superficial y subterránea, es necesario considerar siempre el establecimiento de un piso sólido que sea posible, puesto que probablemente en un futuro no muy lejano, se requerirá a los viveros el captar y tratar el agua de riego de desecho. Es más fácil y barato construir pisos durante la construcción inicial, que el tener que modificar la estructura posteriormente.



A



B

**Fig. 1.3.10** Los pisos sólidos ayudan a mantener el ambiente de propagación limpio y permiten el uso de equipo (A). Otras estructuras se caracterizan por contar con un pasillo central en la nave (B).



A



B

**Fig. 1.3.11** Los soportes primarios de la estructura deben ser asegurados con basamentos de concreto (A), que pueden ser conectados con una cortina, sobre las paredes a lo largo del perímetro de la estructura (B).

**Consideraciones de operación.** Los pisos de concreto son ventajosos, ya que son muy resistentes, fáciles de limpiar y de coloración clara. Si se utilizan montacargas u otro tipo de vehículos ligeros en el interior de la estructura, entonces el concreto deberá ser lo suficientemente grueso - al menos 10 cm de espesor (4 pulgadas)- para soportarlos con seguridad. El asfalto es aproximadamente 25% más barato, pero su color oscuro absorbe la radiación solar. Esto provoca un sobrecalentamiento en climas cálidos, con lo cual el suelo se reblandece, limitando así el acceso de vehículos. Sin embargo, algunas veces son utilizados los pasillos de acceso que corren entre las camas. Las áreas entre dichos pasillos regularmente se encuentran cubiertas con malla o grava para el control de malas hierbas.

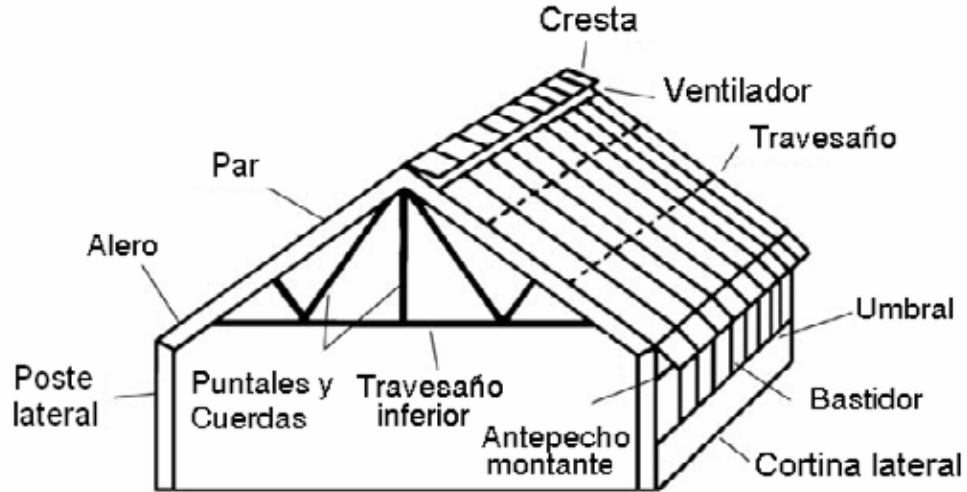


### 1.3.3.4 Estructuras

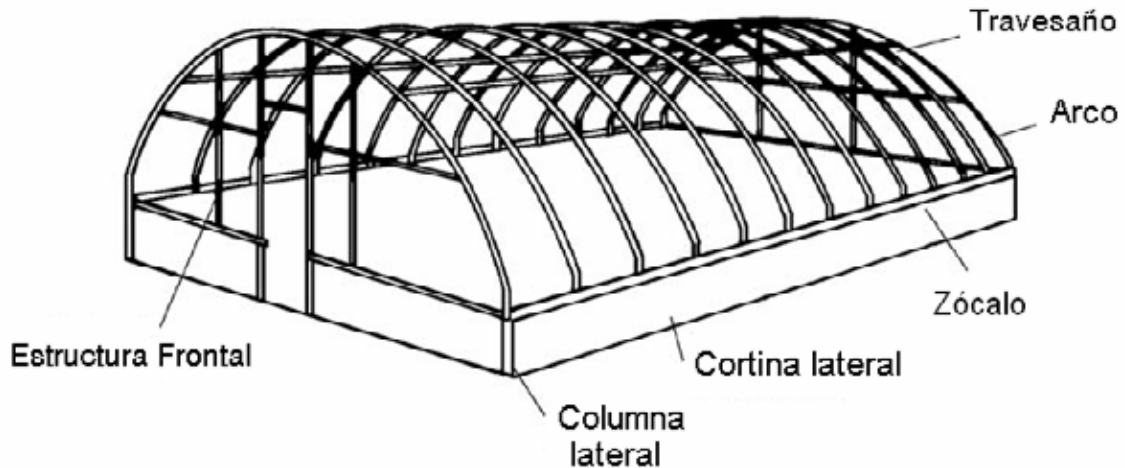
La función de la estructura es proveer soporte a la cubierta, además de producir mínima sombra, y pérdida de calor, y permitir la máxima facilidad de acceso y manejo dentro de ella. Los dos tipos básicos de estructuras son la de puntales y la de túnel (fig. 1.3.12), los cuales a su vez pueden ser clasificados en si tienen soportes internos o bien, envergadura libre (tabla 1.3.3). En las estructuras con soportes internos, las columnas verticales

sostienen el peso de las cargas del diseño (fig. 1.3.13A), mientras que las estructuras de envergadura amplia han sido diseñadas de forma tal que las columnas son innecesarias (fig. 1.3.13 B y C). Las columnas internas son utilizadas principalmente para casas sombra y para otro tipo de estructuras de bajo costo, ya que los armazones modernos pueden soportar una envergadura superior a los 12 m (40 pies).

#### Puntales



#### Refugio o Túnel



**Figura 1.3.12** El armazón de las estructuras de propagación soportan la cubierta, y los dos tipos básicos son los de puntales y el tipo túnel (modificado de Nelson 1991, Hummert, 1993).

**Tabla 1.3.3.** Características de los armazones de propagación y cubiertas apropiadas.

Tipo de armazón	Materiales del armazón	Características estructurales y operativas			Cubiertas adecuadas	
		Soporte	Transmisión de luz	Acceso interno	Hojas rígidas	Película plástica
<b>Estructuras independientes</b>						
Tipo aguilón con puntales	Madera tratada Tubos de acero galvanizado	Bueno	Regular	Bueno	Si	Si
Tipo aguilón con columnas	Tubos de acero galvanizado	Bueno	Regular	Regular	Si	Si
Tipo refugio	Tubos de acero galvanizado Extrusión de aluminio	Regular Regular	Excelente Excelente	Bueno Bueno	Algunas Algunas	Si Si
Arco gótico	Madera laminada tratada	Bueno	Bueno	Bueno	Si	Si
Armazón rígido	Madera tratada	Excelente	Bueno	Bueno	Si	Si
<b>Estructuras interconectadas</b>						
Estructura tipo arco	Tubos de acero galvanizado	Bueno	Bueno	Bueno	Si	Si
Tipo aguilón	Tubos de acero galvanizado	Bueno	Bueno	Bueno	Si	No
Zig-zag (dientes de sierra)	Tubos de acero galvanizado Madera tratada	Bueno	Bueno	Bueno	Si	No

Los diagramas de los armazones de las estructuras pueden verse en la figura 1.3.9

(\*) Todas las estructuras interconectadas tienen columnas entre las secciones.

**Materiales de construcción.** Son tres los materiales utilizados para las estructuras de propagación: acero galvanizado, aleación de aluminio y madera. Cada material tiene sus ventajas y desventajas.

**Acero.** El acero es muy popular debido a sus propiedades de alta resistencia al peso, es relativamente barato y puede ser fabricado fácilmente. Debido a que el acero se corroe en los ambientes de propagación con alta humedad, debe ser pretratado con una cubierta galvanizada. La fabricación en el sitio deberá realizarse cuidadosamente para asegurarse que el proceso de galvanizado no tenga partes con defectos (como raspaduras o tallones), por donde la estructura pueda corroerse (Garzoli,1988).

**Aluminio.** Debido a que no son tan fuertes, los elementos de la estructura de aluminio son relativamente más grandes que los fabricados con acero. La mayoría del aluminio utilizado en las estructuras de propagación es extrudido y debe ser fabricado con especificaciones detalladas, las cuales incrementan su costo. Los pernos o tornillos de acero galvanizado utilizados para el armado y fijación de la estructura de aluminio, pueden producir electrólisis y una eventual corrosión (Langhans,1980), sin embargo, esta situación ya no es un problema con las estructuras comerciales disponibles en la actualidad.

**Madera.** Las estructuras de madera son baratas y pueden fabricarse a mano. Existe información

sobre las propiedades de ingeniería de los diferentes tipos de madera y su utilización en las estructuras (ejemplo: Plan de Servicio del Medio Oeste,1983). Debido a que una humedad y temperatura altas favorecen la descomposición y el daño por insectos, la madera de sequoia o cedro ha sido utilizada en forma tradicional, pero el alto costo de este tipo de material lo ha hecho menos atractivo. Otros tipos de maderas pueden ser tratados con preservativos. Los tratamientos químicos no deberán liberar vapor que pueda resultar fitotóxicos al cultivo, o lixivarse al punto que pueda llegar a contaminar el agua de desecho. Los preservativos tales como el arsenato de cobre cromado (ACC), arsenato de cobre amoniacal (ACA), ácido de cromato de cobre, y el cloruro de zinc cromado son muy resistentes a la lixiviación y no se vaporizan. La madera puede ser tratada en tres formas: por presión, por inmersión o mediante pintado. El tratamiento a base de presión es el más efectivo y puede incrementar la vida útil de la madera hasta 10 veces (Langhans,1980). Los arcos laminados con pegamento han sido utilizados algunas veces pero son relativamente caros.

**Consideraciones de ingeniería.** Las estructuras tipo túnel o refugio tienen una fuerza lateral hacia fuera, inducida al nivel del suelo, por lo cual deben de contenerse con basamentos sólidos. El armazón consiste de tubos huecos arqueados y de travesaños laterales (fig 1.3.12). Se pueden usar tanto el acero galvanizado como el aluminio extrudido en arcos, pero este último es considerablemente más caro. Aún y cuando una

capa simple de película plástica es algunas veces utilizada, el plástico bi-capa que es inflado con un soplador, es mucho más resistente y agrega considerable fuerza a la estructura. Las estructuras de madera deben ser bien construidas, no sólo para soportar su propio peso, también para resistir el de la nieve en climas fríos.

**Consideraciones biológicas.** Las estructuras con travesaños u otro tipo de soportes internos interceptan la luz solar, creando sombra hacia el interior. Dado que son relativamente voluminosos, los travesaños de madera interceptan más luz solar que los de metal (fig. 1.3.13C), aunque esto puede ser minimizado pintando estas superficies de color blanco para aumentar su reflectividad. El sombreado, el cual es un problema mucho mayor al final del otoño y durante el invierno, cuando el ángulo del sol es bajo, puede ser reducido con una orientación adecuada (ver sección 1.3.6).

**Consideraciones de operación.** Las estructuras con columnas de soporte pueden cubrir una gran superficie, pero las columnas verticales crean sombra y limitan el uso para el manejo de materiales grandes (fig 1.3.13A). Algún espacio de crecimiento se pierde a lo largo de los costados en las estructuras tipo refugio que carecen de paredes o cortinas laterales, ya que el ángulo de inclinación del diseño del techo restringe el adecuado movimiento del aire y el acceso a los trabajadores.



A



B



C

**Figura 1.3.13** Las estructuras de propagación simples soportan el armazón con hileras de columnas internas regularmente espaciadas (A), mientras que las estructuras sofisticadas de libre espacio han sido diseñadas con travesaños para incrementar la superficie para la producción entre las columnas (B). Puesto que éstos son relativamente más voluminosos, los travesaños de madera (C) interceptan más luz solar que los de metal.



### 1.3.3.5 Cubiertas

La función de la cubierta en una estructura de propagación, es capturar la luz solar además de mantener niveles deseados de temperatura, humedad y dióxido de carbono para las especies que están siendo producidas. La importancia de la cubierta no debe ser sobreestimada, ya que durante las épocas invernales sirve como la única barrera entre un medio de propagación ideal y el desastre (Gray,1992). Una gran variedad de materiales transparentes han sido utilizados como cubiertas de estructuras.

**Materiales de construcción.** El vidrio ha sido utilizado para cubrir conservatorios desde los tiempos de los griegos, y fue el único tipo de cubierta disponible hasta cerca de 1950. En efecto, el término “acristalado”, el cual aún es utilizado para referirse a las cubiertas de los invernaderos, es derivado del uso de paneles de vidrio. Durante los últimos 40 años, se han desarrollado una gran variedad de diferentes plásticos transparentes para cubrir las estructuras, incluyendo paneles de plástico duro y hojas de plástico flexible (Boodley,1981). Desde 1979, las películas plásticas han dominado el mercado y actualmente el 80% de los nuevos invernaderos son construidos con películas de polietileno de doble capa (Reilly,1992). Cuando se selecciona una cubierta, el tipo de armazón estructural deberá ser considerado, dado que algunos materiales son más apropiados para ciertos armazones que otros (tabla 1.3.3). Algunas estructuras, incluyendo invernaderos, comúnmente tienen la misma cubierta en el techo y las paredes. Por otro lado, los invernaderos de arcos tienen un material en el techo y otro material más flexible en los costados, el cual se puede enrollar y levantar (fig. 1.3.5A).

**Hojas o películas plásticas.** Para cubrir las estructuras de propagación se han utilizado una variedad de cubiertas flexibles y transparentes de diferentes materiales como el polietileno, poliéster, fluoruro de polivinilo y cloruro de polivinilo. Éstas tienen más o menos la misma capacidad para la transmisión de la luz, pero varían en la transmisión del calor, durabilidad y costo (tabla 1.3.4). Aunque en épocas pasadas solamente se utilizaban hojas o paneles sencillos, los viveristas rápidamente modificaron sus estructuras con cubiertas de doble capa, después de la crisis de energía acontecida a principios de los 70's. Este tipo de cubiertas no sólo proporcionan mejor aislamiento, sino que mediante el inflado inter-capas, se provee una mayor resistencia al daño por el viento. Actualmente, el estándar de la industria son las películas plásticas de doble capa.

**Polietileno de baja densidad (“poly”).** Es el plástico más conocido y que mayores usos tiene para cubrir las estructuras de propagación en los Estados Unidos. Es químicamente inerte, se mantiene flexible a bajas temperaturas y es permeable al oxígeno y al bióxido de carbono. Las hojas con grosor de 4 a 6 mm (0.004 - 0.006 pulgadas) son las más comúnmente utilizadas, pero existen en el mercado una gran variedad de marcas y dimensiones, en medidas que exceden los 24 por 45 m (80 por 150 pies). El polietileno utilizado en la construcción o en la agricultura no es recomendado, dado que su vida útil es de sólo nueve meses. Las cubiertas de polietileno recomendado para los invernaderos pueden durar de tres a cinco años, dependiendo de las condiciones climáticas y su aplicación (tabla 1.3.4).

La mayoría de las estructuras son cubiertas con hojas de polietileno de doble capa, cuyo centro se infla con un pequeño ventilador, lo cual incrementa su durabilidad y repercute en un ahorro de calor de entre 30 a 40% (fig. 1.3.14A). Las capas exterior e interior deben ser de 6 y 4 mm, respectivamente (Boodley,1981). Se han instalado también hojas o películas sencillas de poly sobre cubiertas de fibra de vidrio o de algún otro material para incrementar su capacidad de aislamiento (fig. 1.3.14B). Las películas de polietileno que se utilizan comúnmente en los invernaderos, vienen en rollos y contienen antioxidantes e inhibidores ultravioleta para contrarrestar el efecto de deterioro por el sol, esto con la finalidad de extender su vida útil. Continuamente están siendo desarrollados nuevos productos. Algunos contienen un agente bloqueador de rayos infrarrojos para evitar la pérdida de calor, mientras que otros incluyen un agente de humedecimiento para prevenir la condensación en la superficie interna (Aldrich y Bartok,1989).

**Tabla 1.3.4.** Consideraciones de ingeniería y operación de diferentes cubiertas en estructuras de propagación.

Material de composición de la cubierta	Consideraciones de operación		Luz (% RFA)	Calor (%)	Vida útil (años)	Costo (\$USD) **	
	Ventajas	Desventajas				(\$/m <sup>2</sup> )	(\$/pie <sup>2</sup> )
<b>Páneles rígidos</b>							
Vidrio *	Excelente transmisor, resistente a variaciones climáticas y degradación	Baja resistencia a los impactos, relativamente caro y pesado	88	3	> 25	8.07–21.52	0.75–2.00
			75-80	<3	>25	37.66-75.32	3.50-7.00
			91-94	<3	>25	13.45-37.66	1.25-3.50
Poliestireno reforzado con fibra de vidrio†	Bajo costo, fuerte y fácil de instalar	Superficie degradable fácilmente, con la edad se amarillenta y es altamente inflamable	90	<3	10-15	9.15-13.45	0.85-1.25
			60-80	---	7-12	53.80	5.00
Acrílico†	Excelente transmisor, resistente a variaciones climáticas y fácil de fabricar	Se raspa fácilmente y es inflamable	93	<5	>20	16.14-21.52	1.50-2.00
			87	<3	>20	21.52-37.66	2.00-3.50
Policarbonato†	Resistente al alto impacto, poco inflamable	Se raspa fácilmente, alta capacidad de expansión y contracción	91-94	<3	10-15	13.45-16.14	1.25-1.50
			83	23	10-15	18.83-26.90	1.75-2.50
Cloruro de polivinilo	Durable, poco inflamable, alta resistencia al impacto	Baja transmisión de luz, vida útil corta, se degrada con los rayos ultra violeta	84	<25	>10	10.76-13.45	1.00-1.25
<b>Películas plásticas</b>							
Polietileno	Barato y fácil de instalar	Vida útil corta, bajas temperaturas de servicio, disponible en muchas medidas	<85	50	2-3	0.65-0.97	0.06-0.09
Poliéster intemperizado	Transmisión excelente, buen funcionamiento con la temperatura, durable	Medidas limitadas, baja resistencia al impacto, relativamente caro	85-88	30	7-10	5.38-10.76	0.50-1.00
Fluoruro de polivinilo	Excelente transmisión, resistente al impacto y a los rayos ultravioleta, muy durable	Fácil de rasgarse, relativamente caro, medidas limitadas	92	21	>10	4.30-5.38	0.40-0.50

\* Los valores son referidos a un vidrio de doble resistencia, aislante y a páneles de la marca Solatex®, respectivamente

† Los valores para el poliéster reforzado con fibra de vidrio, acrílico y policarbonato son para páneles de una capa y de dos capas, respectivamente

Fuente: Aldrich y Bartok(1992), Nelson (1991).

\*\* Costo referido al momento de realizar la publicación en inglés (n.t.).

RFA = Radiación Fotosintéticamente Activa

Nota de los traductores: Inflamable = que arde, que se inflama



A



B

**Figura 1.3.14** Las películas plásticas (polietileno) son la forma más económica de cubrir una estructura de propagación. Las cubiertas bi-capa son infladas en su interior para proporcionar una mayor rigidez a la estructura (A), o también es posible la instalación de una capa sencilla sobre las cubiertas para incrementar la capacidad de aislamiento (B).

*Otros plásticos.* Aunque se han utilizado en estudios de investigación otro tipo de paneles (hojas) de plástico como cubiertas de invernadero, ninguno es tan barato y práctico como el polietileno. La siguiente información es incluida sólo como complementaria y, por lo tanto, los **siguientes tipos de cubiertas no son recomendables para un uso operativo.**

El Fluoruro de polivinilo (FPV) es la película plástica con la mayor capacidad de transmisión de luz. Además, tiene un largo período de vida útil dado que es resistente a la abrasión, tolera un amplio intervalo de temperaturas y es transparente a la luz ultravioleta (Boodley,1981). Los rollos de FPV son estrechos, sin embargo, es posible

empalmar las películas para cubrir una mayor área en una estructura determinada (Nelson,1991). La película de cloruro de polivinilo (CPV), es durable y retiene mejor el calor que el polietileno, pero atrae suciedad y polvo, lo cual reduce su vida útil como cubierta. Además llega a ser quebradizo a bajas temperaturas y flexible en días muy calurosos. Otra desventaja del CPV es que viene en rollos muy estrechos. Aunque el uso del acetato copolímero de vinilo etileno (CVE) es más común en Japón y en Escandinavia, no es así en los Estados Unidos, debido a su alto costo (Boodley,1981).

**Páneles rígidos.** Además del tradicional vidrio, se han usado una gran variedad de hojas plásticas rígidas como cubiertas.

*Vidrio.* Por décadas ha sido un material muy popular para cubrir invernaderos, debido a su alta capacidad para la transmisión de luz y durabilidad (fig. 1.3.15). Aún y cuando se han utilizado diferentes clases y pesos de paneles de vidrio para cubrir las estructuras de propagación, el vidrio templado es el más recomendado, como es el caso del Solatex® (tabla 1.3.4). Recientes innovaciones tecnológicas han producido paneles de 0.9 a 1.8 m (3 a 6 pies) de ancho, lo cual reduce grandemente el número de fajas y barras de soporte y el relleno (Bartok,1993). Los paneles pequeños son mejores en lugares donde las rupturas provocadas por granizo u otras causas son un problema (Boodley,1991). En realidad, el vidrio es demasiado transparente para cierto tipo de cultivos, por lo que existen paneles moteados para producir una luz más difusa. El vidrio de doble capa de la marca Thermopane® es más caro, pero reduce la pérdida de calor. Aunque las fajas de soporte fueron hechas tradicionalmente de madera, actualmente están disponibles soportes de aluminio que han llegado a ser populares, dado que requieren menos mantenimiento y reflejan más la luz.

*Páneles de plástico estructurado.* El poliéster reforzado con fibra de vidrio fue el primer tipo de panel de plástico rígido utilizado para cubrir estructuras de propagación (tabla 1.3.4). Estos paneles corrugados contienen filamentos de fibra de vidrio, los cuales esparcen la luz al interior de la estructura, produciendo una luz difusa, la cual es ideal para el crecimiento de las plantas. Si bien es barata, la superficie a base de paneles de fibra de vidrio se deteriora con relativa facilidad, y los rayos ultravioleta en días soleados provocan el amarillamiento con el tiempo (fig. 1.3.16A). Tratando estas superficies con fluoruro de polivinilo (Tedlar®) o asperjándolo en la superficie, es

posible retardar el amarillamiento. Una de las principales desventajas de la fibra de vidrio, es que es altamente inflamable, y aún y cuando existen diferentes productos retardantes del fuego, éstos no son confiables para su uso en el vivero (Nelson,1991). No obstante que este tipo de

cubiertas se pueden ver en muchas estructuras viejas, la popularidad de los paneles de fibra de vidrio ha decrecido y están siendo reemplazados por nuevos tipos de hojas de policarbonato corrugado (fig. 1.3.16B).



**Figura 1.3.15.** Los invernaderos de vidrio tradicionalmente han sido muy populares debido a su larga vida, y nuevas tecnologías de producción están haciendo a este tipo de cubiertas aún más prácticas.

Los paneles estructurados de acrílico y policarbonato han estado disponibles en los últimos 15 años y, aunque relativamente caros, se están volviendo cada vez más populares (Nelson,1991). Estos paneles son ligeros y durables, además de poseer excelentes propiedades para la transmisión de luz (tabla 1.3.4). Los paneles de plástico estructurado están disponibles tanto en hojas corrugadas simples (fig. 1.3.16B) como en paneles planos con interdivisiones (cámaras), las cuales se encuentran disponibles en dos o tres capas (fig. 1.3.16C). Recientemente han entrado al mercado paneles de acrílico de doble capa, con los cuales se incrementan los niveles de aislamiento. Aunque inicialmente los paneles de plástico estructurado fueron utilizados para cubrir el final de las paredes en los invernaderos de polietileno, éstos son lo suficientemente flexibles para poder cubrir las

estructuras de propagación tipo refugio (fig. 1.3.16D). Como la fibra de vidrio, los paneles de acrílico son inflamables, lo que no sucede con los de policarbonato (Boodley,1981).





A



C



B



D

**Figura 1.3.16.** Uno de los primeros tipos de paneles de plástico rígido fue el poliéster de fibra de vidrio reforzado, aunque tiende a amarillarse con el paso del tiempo (A). En la actualidad están disponibles diferentes estructuras plásticas corrugadas de una sola capa (B) u hojas planas de doble capa (C), las cuales son lo suficientemente flexibles para cubrir estructuras tipo refugio (D). (Las muestras B y C son cortesía de Co-Ex Corporation, Rocky Hill, Connecticut, EUA).

Los paneles rígidos de cloruro de polivinilo fueron introducidos como un sustituto no caro de la fibra de vidrio, sin embargo, su uso mostró que su expectativa de vida fue solamente de dos a cinco años (tabla 1.3.4). Hoy en día no es común su empleo, pues como sus similares, las películas plásticas se decoloran por la acción de la luz ultravioleta y pueden volverse quebradizos (Nelson, 1991).

**Cubiertas para sombra.** Muchas estructuras de propagación semicontroladas se caracterizan por tener cubiertas que producen una diversidad de intensidad de sombra, como es el caso de los enlistonados de madera o las mallas media sombra.

La casa sombra puede ser construida de duelas estrechas, empalmadas individualmente sobre el armazón, sin embargo, para realizar esta misma función comúnmente es utilizada una protección contra la nieve, consistente en un conjunto de

listones de madera conectados mediante un cable (fig. 1.4.17A).

Este tipo de estructuras proporcionan hasta un 50% de sombra y son construidas de madera, la cual ha sido tratada mediante presión para resistir el deterioro. Están disponibles en medidas de 1.2 a 1.8 m (4 a 6 pies) de ancho y pueden ser instaladas de forma tal que las partes individuales se orientan al norte o sur, para ajustarse de acuerdo al movimiento del sol (Hummert, 1993). La casa sombra con enlistonados laterales también es efectiva para proporcionar protección contra el viento y para la exclusión de animales de porte grande.

Diferentes tipos de malla sombra están disponibles comercialmente, los cuales proporcionan diferentes grados de sombra (30 a 95%), dependiendo de lo cerrado del tejido, del espesor y el color de la malla (fig. 1.3.17 B y C). Para las especies forestales, normalmente se utiliza una malla del 55%, sin

embargo, en sitios con alta presencia de nubosidad, se utiliza del 30%. La instalación y vida útil de la malla depende del tipo de material y solamente se manejan en longitudes y anchos estándar, pero se pueden solicitar medidas específicas con el fabricante para cubrir una determinada superficie o estructura. La malla está disponible en diferentes tipos de materiales, cada uno de los cuales tiene diferentes propiedades. El polipropileno es fuerte, durable y puede encogerse sólo el 1%. La resina termoplástica Saran® se encoge sólo un 3%, lo cual significa que deberá ser instalada con una ligera distensión. El poliéster es resistente al fuego y al moho. El polietileno con costuras de seguridad no se corre o deshilacha cuando se corta o perfora, y también llega a ser resistente a la luz ultravioleta durante todo el período de vida operativa. (Bartok, 1990b).

**Consideraciones de ingeniería.** La estructura de propagación deberá estar diseñada de forma tal que la cubierta sea adecuada para el armazón. Aunque muchos tipos de armazones pueden ser cubiertos con hojas de plástico rígido, las películas plásticas no son recomendadas para estructuras que tengan columnas de soporte internas (tabla 1.3.3). La cubierta también debe ser capaz de soportar los pesos estructurales, especialmente en áreas con una importante acumulación de nieve (fig. 1.3.17D).

De manera relativa, las hojas rígidas requieren una mayor cantidad de broches de sujeción que las cubiertas plásticas, por lo que éstas deberán ser lo más grande posible. Las películas plásticas deben ser sujetadas fuertemente a la estructura para evitar daños por viento y para evitar la pérdida del aire cuando se trata de cubiertas dobles. Las vigas de madera son una opción económica para el efecto y pueden incluso ser utilizadas para sujetar cubiertas de plástico de doble capa (fig. 1.3.18A). En el mercado hay disponibles una gran variedad de sistemas de aseguramiento. Una de las características del sistema de sujeción a presión (fig. 1.3.18B), es que es posible hacer reemplazos de manera rápida y fácil, lo cual es importante cuando las cubiertas plásticas deben ser reemplazadas durante el invierno (por la acumulación de la nieve) o en tiempos de fuertes vientos. Debido a que las dimensiones de las películas plásticas cambian con la temperatura, las hojas deben ser bien tensadas cuando se instalan en climas fríos, y deberán aflojarse de 5 a 8 cm (2 a 3 pulgadas) cuando la temperatura es cercana a los 27 °C (80°F), para soportar la contracción de la estructura.

Las hojas plásticas dobles (**bi-capa**) que han sido infladas en su interior, tienen más características positivas, comparadas con las aplicaciones de una sola capa. Actualmente hay disponibles rollos de polietileno, por lo que una cubierta doble puede ser instalada en un solo paso. Adicionalmente a su mayor capacidad de aislamiento del calor, las cubiertas de este tipo son considerablemente más fuertes que las de una sola capa del mismo material. Esto permite además extender la vida útil del plástico, ya que una mayor sujeción reduce la abrasión del viento contra el armazón. El grosor de la capa exterior puede ser de 0.152 mm para ofrecer mayor resistencia al daño mecánico, mientras que la interior puede ser de solamente 0.102 mm. El ancho ideal para el inflado es de 1.25 a 10 cm (0.5 a 4 pulgadas), dado que el aire interno reduce la capacidad de aislamiento a anchos mayores (Nelson, 1991). Las capas son infladas con un ventilador simple (fig. 1.3.18C), el cual puede mantener de 5.1 a 7.6 mm (0.2 a 0.3 pulgadas) de presión estática del agua; presiones mayores a 13 mm (0.5 pulgadas) son necesarias para condiciones de fuertes vientos. Para un invernadero cuyas medidas son de 8 X 29 m (26 X 96 pies), un ventilador (1 amp, 155W) que puede proporcionar de 5.7 a 11.3 m<sup>3</sup>/minuto (200 a 400 pies<sup>3</sup>/min) de aire a 1 mm (0.5 pulgada) de presión estática de agua es suficiente. La presión de inflado se controla mediante el ajuste del ventilador. Para controlar la presión de inflado se utilizan manómetros, los cuales pueden ser hechizos o comprarse de manera comercial (Bartok, 1990a).

**Consideraciones biológicas.** La principal consideración biológica es la transmisión de luz, y todos los tipos de cubiertas permiten la penetración de un alto porcentaje de radiación solar fotosintéticamente activa (tabla 1.3.4). Se puede requerir que esos valores máximos de luz sean moderados para algunos cultivos o durante algunas etapas de la estación de crecimiento. La calidad de la luz es también afectada por el tipo de cubierta; algunos colores nuevos de plásticos pueden afectar la longitud de onda que alcanza a los cultivos. Diferentes colores de mallas también están disponibles en el mercado (fig. 1.3.17C).



A



B



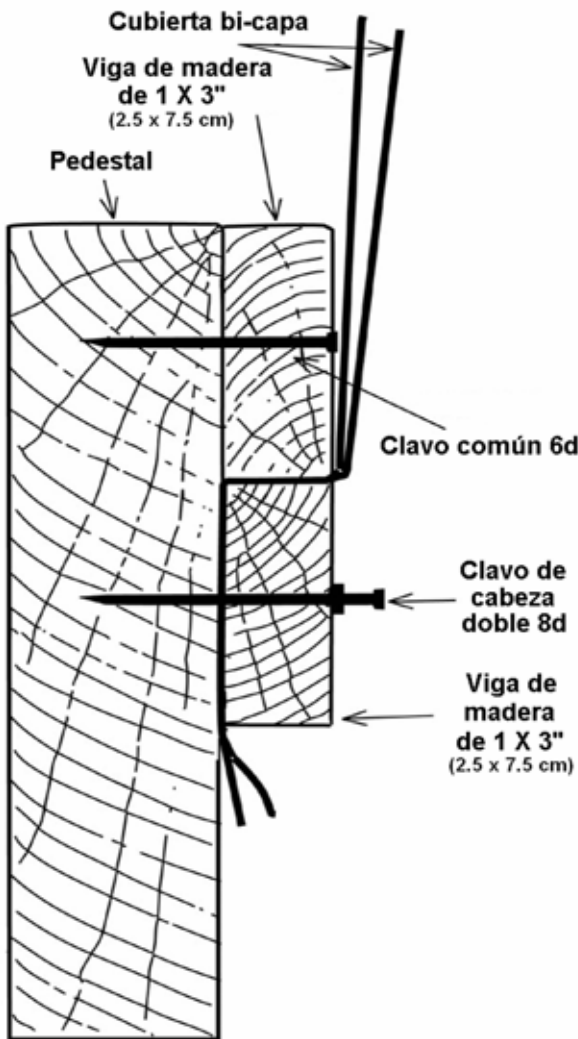
C



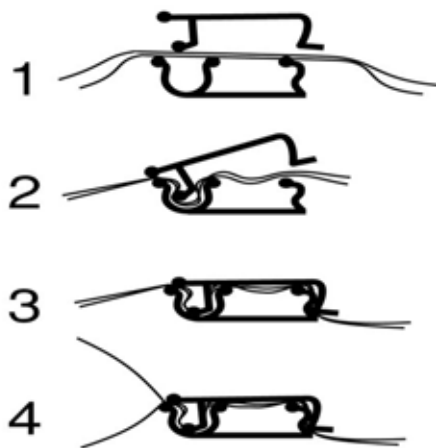
D

**Figura 1.3.17** Las casas sombra son cubiertas con listones de madera (duelas) (A) o con malla (B), las cuales ahora están disponibles en varios colores (C). Cualquier tipo de estructuras de crecimiento deberán ser diseñadas para soportar las cargas estructurales, especialmente en climas con presencia de nevadas (D).





A



B



C

**Figura 1.3.18.** Las cubiertas plásticas de doble capa pueden ser sujetadas al armazón mediante vigas de madera (A) o mediante sujetadores especialmente diseñados (B). Un ventilador (C) mantiene la presión de inflado adecuada (A modificado de Bartok; B, de Hummert,1993).

**Consideraciones de operación.** A mayores latitudes y elevaciones, la conservación del calor resulta ser la principal característica cuando se selecciona una cubierta. La capacidad de transmisión del calor varía considerablemente para la mayoría de los tipos de cubierta (tabla 1.3.4), y para los viveros en climas fríos generalmente se selecciona una con múltiples capas para proveerle de un mejor aislamiento. Las estructuras que poseen una cubierta bi-capa inflada pueden ahorrar hasta una tercera parte del costo del calentamiento (Bartok,1990a). El mantenimiento y reemplazo de las cubiertas también son un factor importante. Los paneles rígidos pueden durar al menos 25 años, comparados con sólo algunos años para las películas plásticas (tabla 1.3.4). El reemplazo de las películas plásticas puede ser una tarea imposible en condiciones de fuertes vientos, pero con buen clima y trabajadores experimentados, muchos viveros han dominado el proceso hasta llegar a hacerlo rutinario. Algunos viveros usan andamios especialmente contruidos para realizar el cambio de las cubiertas de una manera rápida y segura (fig 1.3.19A). La disposición de las cubiertas de polietileno llega a ser una desventaja, sin embargo, pero el reciclado puede resultar ser una buena opción (Bartok,1992a). Después de su remoción, las hojas de plástico pueden ser recogidas mecánicamente en rollos o embalajes (fig. 1.3.19 B y C), los cuales pueden ser procesados por los recicladores de plástico.



A



B



C

**Figura 1.3.19** Algunos viveros usan andamios especiales para realizar el cambio de cubiertas de una manera fácil y segura (A), y los plásticos utilizados pueden ser reciclados, para lo cual se enrollan o embalan (B y C) (B y C, de Bartok, 1993).

Todas las cubiertas recogen polvo y suciedad con el tiempo, perdiendo así sus capacidades de transmisión de luz, por lo cual es necesaria una limpieza periódica. Por ejemplo, se encontró que una película de polietileno sin limpieza perdía su

capacidad de transmisión de luz de 4 a 7 % en un período de 18 meses (Giacomelli y Roberts, 1993). Una de las desventajas de construcción de doble cubierta, es que es más hermética por lo que restringe el intercambio de aire, y es más difícil de enfriar y deshumidificar. La condensación en el interior de las cubiertas causa problemas debido a que se reduce la transmisión de la luz, así como goteo dentro del cultivo; sin embargo, este problema puede ser resuelto con las nuevas películas plásticas con características “anti-niebla”.

La vida de las mallas sombra es de varios años, si es que son instaladas adecuadamente; deberán estar bien sujetas y tensadas para prevenir los daños por vientos fuertes (fig. 1.3.17B). Las mallas deberán plegarse o bajarse en áreas con incidencias de nevadas, ya que éstas se vuelven más susceptibles a daños por vientos cuando el clima es frío. Las casas sombra hechas de enlistonados de madera también pueden resultar dañadas por tormentas de nieve fuertes (fig. 1.3.17D). En áreas con fuertes nevadas – 30 cm (12 pulgadas) de altura de la nieve – las duelas del techo pueden enrollarse y removerse durante el invierno. Aún si las duelas (listones) del techo de la casa han sido removidas, las paredes deberán mantenerse para proteger a las plantas de los fuertes vientos.

### 1.3.4 Diseño de la Estructura para la Propagación

El siguiente paso en el diseño de un vivero de contenedores, es determinar los diferentes ambientes de producción requeridos y el tamaño de cada uno de ellos. Si las plantas serán producidas en instalaciones a cielo abierto, entonces los cálculos son relativamente fáciles. Sin embargo, cuando las estructuras van a ser construidas, existen muchos aspectos biológicos, económicos y políticos que determinan tanto su diseño externo como interno.

#### 1.3.4.1 Consideraciones biológicas

**Tipo y tamaño del cultivo.** Con base en la identificación de la demanda de plantas y de un análisis de mercado, el diseñador del vivero podrá tener una buena idea sobre cuáles son las especies y la cantidad de planta a producir en cada cultivo. El nivel de producción definirá las dimensiones del área de crecimiento; mientras que los requerimientos biológicos de las especies a producir, determinarán los tipos de ambientes de producción que serán necesitados. Sin embargo, los constructores deberán tener siempre en cuenta la posibilidad de que en el futuro, los niveles de producción o el número de especies consideradas inicialmente, pueden incrementarse. En este sentido, es importante considerar una adecuada flexibilidad durante el establecimiento del vivero a fin de que se tenga la capacidad de responder a oportunidades futuras de producción. Es posible diseñar un vivero de contenedores sin contar con información específica de producción, pero en tal caso las personas con conocimientos sobre el comportamiento del mercado, deberán decidir sobre los niveles de producción estimados y las especies posibles de producir.

**Necesidad de diferentes ambientes de producción.** Si la producción programada puede hacerse de manera simultánea y bajo ambientes muy similares, entonces las estructuras grandes son las más adecuadas (fig. 1.3.20A). Este tipo de estructuras son inherentemente menos costosas en su construcción, y generan un costo por unidad de superficie más eficiente. Sus sistemas de riego y fertilización son simples de diseñar, y su costo por calentamiento es menor, ya que su menor perímetro reduce el área de pérdida de calor. Este diseño se caracteriza por tener implicaciones culturales y económicas, pues al tener un perímetro mínimo, la cantidad de plantas afectadas por el "efecto de orilla" será menor que con otros diseños. Las estructuras de grandes dimensiones pueden ser divididas en ambientes separados mediante una cortina móvil o puertas corredizas (fig.

1.3.20B), aunque los sistemas para el control ambiental deben estar diseñados acorde con ello.

Un conjunto de pequeños ambientes de producción le pueden proporcionar al viverista claras ventajas (fig.1.3.20C). Estas estructuras pueden ser usadas para generar una gran variedad de ambientes, acordes a los requerimientos de una diversidad de especies, además de permitir diferentes programas de producción durante el año. Si el cultivo consiste de especies con requerimientos totalmente diferentes, entonces el viverista deberá dividirlos en grupos que sean biológicamente compatibles. El número de grupos determinará a su vez la cantidad mínima de ambientes de producción necesarios, a menos que se tenga que producir en diferentes momentos del año en un sistema de producción múltiple. El contar con varios ambientes de producción pequeños, también le da al productor mayor flexibilidad en la propagación, manejo y entrega de planta. Desde un punto de vista de planeación de viveros, los ambientes pequeños son más ventajosos porque pueden irse agregando más estructuras en forma paulatina, sin tener que interrumpir la producción actual. El riesgo de que el total de la producción se dañe es bajo, ya que poca planta se perderá si una de las estructuras falla, por lo cual será recomendable contar siempre con equipo de respaldo para casos de emergencia.

**Duración del periodo de producción.** Es el tiempo que transcurre entre la propagación de plantas dentro de un ambiente de producción, hasta que alcanzan el tamaño y calidad adecuadas para ser embarcadas o trasplantadas a otro lugar (fig. 1.3.20D). Aunque existen variaciones por las especies, los sistemas de producción y el clima de la zona, los constructores deberán estimar, con fines de planeación, una duración promedio del periodo de producción. La duración promedio de cada cultivo y el número de periodos de producción (rotación) por año, determinarán el número y tamaño de los ambientes de propagación que deban ser construidos. Muchas especies forestales deben ser producidas y alcanzar características de calidad en periodos de tan solo dos a cuatro meses, bajo condiciones ideales. La duración de un periodo de producción común puede ser obtenida de otros viveros que se encuentren en la zona, sin embargo, deberá estimarse con base en especies similares. Una discusión sobre el periodo de producción es analizada en el volumen seis de esta serie, y puede ser usada para propósitos generales de planeación, aunque las tasas de crecimiento pueden variar significativamente de un vivero a otro.



**Cultivos múltiples por temporada.** Algunos viveros están habilitados para producir más de un cultivo por año, en un invernadero totalmente controlado (fig.13.20D). Otros productores inician su cultivo en invernaderos o en cámaras de germinación, para después mover las plantas a otras estructuras tales como casa sombra, túneles o a cielo abierto. Aunque esto es más eficiente desde un punto de vista espacial, los cultivos múltiples demandan gran experiencia y habilidad. En algunas áreas, la tendencia ha sido la

producción múltiple en invernaderos, para cambiar las plantas posteriormente hacia un sistema de viveros, empleando para ello estructuras para su desarrollo y regímenes culturales. Así, los cultivos múltiples son factibles dependiendo de las tasas de crecimiento de las especies y del tamaño deseado. La experiencia de productores locales es probablemente la mejor guía, aunque esto puede variar considerablemente en función de los factores económicos y culturales.



A



B



C

**Figura 1.3.20** Cuando los requerimientos biológicos de diversas especies son similares, éstas pueden desarrollarse en una misma área (A); de lo contrario, las estructuras de desarrollo pueden ser divididas para generar ambientes distintos (B), o pueden usarse pequeñas estructuras individuales (C). Una producción múltiple se puede dar con una planeación cuidadosa que incluya el movimiento de plantas entre diferentes medios de desarrollo (D).



AÑO UNO												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Cultivo # 1	Invernadero							Casa sombra				
Cultivo # 2								Invernadero				
Cultivo # 3								Invernadero				

AÑO DOS												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Cultivo # 1	Casa sombra			Embarque								
Cultivo # 3		Casa sombra										
Cultivo # 3		Casa sombra						Trasplante a raíz desnuda				

AÑO TRES												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Cultivo # 1												
Cultivo # 2	Casa sombra			Embarque								
Cultivo # 3												

D

**Exclusión de plagas.** Una de las características más atractivas de los viveros forestales que producen en contenedor, es que ofrecen al productor la capacidad de eliminar eficientemente una gran cantidad de plagas del ambiente de propagación. La capacidad para la exclusión de plagas depende del tipo de ambiente. Aun en estructuras a cielo abierto, las plagas relacionadas con el suelo pueden ser eliminadas cuando los contenedores son llenados con sustratos artificiales. Los contenedores reusables son esterilizados entre cultivos, y los componentes utilizados en el sustrato artificial también deben de ser estériles. Un par de características de diseño de los nuevos contenedores también está ayudando a reducir problemas de plagas. Los contenedores en bloque de poliestireno expandido del tipo Styrofoam® llamados Copperblocks®, tienen celdas que han sido recubiertas con carbonato de cobre, y aunque en principio este producto fue utilizado para la poda química de raíz, es también un efectivo fungicida y controlador de patógenos que se desarrollan en las cavidades. El Ventblock® es otro tipo de contenedor de poliestireno expandido, diseñado con orificios laterales entre las celdas, las cuales mejoran el movimiento del aire, reduciendo la humedad en la parte aérea de las plantas (fig. 1.3.21). Se ha demostrado que utilizando Ventblock®, las infecciones del moho gris, causado por el hongo *Botrytis cinerea* (Pers.:Fr.), que se desarrolla en ambientes de alta humedad, se reduce significativamente en plantas de *Pseudotsuga menziessi* (Douglas-fir) (Peterson y Sutherland, 1990).

Evidentemente, las oportunidades para la exclusión de plagas son mucho mayores en ambientes de propagación cerrados. En climas donde las

condiciones ambientales son ideales para el cultivo de las plantas, uno de los principales propósitos para la construcción de estructuras de propagación es la eliminación de plagas y enfermedades. Investigaciones han mostrado que 90% de los insectos que infestan plantas en contenedor entran a las estructuras a través de las ventilas o puertas abiertas. Por lo tanto, los productores están comenzando a instalar mallas contra insectos, como parte del Manejo Integrado de Plagas (MIP). Las mallas tanto de acero inoxidable como de tejido sintético han sido utilizadas para la exclusión de insectos, como los trips y la mosca blanca. Cubriendo las ventilas con mallas finas, se reduce el flujo de aire de manera significativa, lo que puede provocar problemas por altas temperaturas en estructuras con ventilación natural. Por lo tanto, los productores que instalen mallas en estructuras, tendrán que realizar ajustes para reducir el calentamiento por radiación solar, lo cual puede lograrse mediante la instalación de ventiladores o malla media sombra (Neal, 1992).



**Figura 1.3.21.** Muchos viveros forestales producen sus cultivos en contenedores de cavidades múltiples llamados bloques o charolas.

Las cubiertas especiales de películas plásticas pueden ayudar también al control de enfermedades causadas por hongos. Por ejemplo, investigadores en Israel han desarrollado una película de polietileno que protege contra los rayos ultravioleta de la luz solar, los cuales son necesarios para la germinación de las esporas de *Botrytis* (Liberth,1991). En otras pruebas, la película de vinil, con inhibidores infrarrojos reduce la humedad relativa dentro del invernadero, dando como resultado un mejor crecimiento de la planta, así como una baja incidencia del moho gris y otras enfermedades fungosas (Vakalounakis,1992).

Estas nuevas prácticas de exclusión de plagas y enfermedades como parte de MIP, reducirán el uso de plaguicidas, y la contaminación potencial del agua superficial y subterránea.

#### 1.3.4.2 Consideraciones económicas y políticas.

**Costos de construcción.** Los costos de construcción varían considerablemente entre diferentes tipos de estructuras, y comúnmente son referidos por área de producción (tabla 1.3.5). Algunos productores prefieren instalar su propia estructura, mientras que otros con menos experiencia recurren a contratistas comerciales. Es importante proporcionar a los contratistas el mismo detalle de las especificaciones requeridas, de forma tal que las ofertas sean amplias y comparables.

Hay que tener la certeza de haber incluido todos los aspectos en la estimación de costos. Muchos constructores sin experiencia consideran únicamente la estructura básica y se olvidan de otros costos asociados para el establecimiento y operación del vivero. Por ejemplo, el costo de un invernadero estándar de doble capa puede ser cotizado en US\$ 16.14/m<sup>2</sup> (US\$ 1.50/pie<sup>2</sup>). No obstante, este costo no incluye mano de obra, equipo para el control ambiental, instalación eléctrica y plomería, lo cual incrementa el costo a US\$ 58/m<sup>2</sup> o hasta \$US 84/m<sup>2</sup> (US\$ 5.40/pie<sup>2</sup> a USD 7.86/pie<sup>2</sup>). Finalmente, hay que añadir el costo del terreno, construcciones de servicio, caminos y estacionamientos, con lo cual el costo se puede incrementar todavía entre un 30 a 45% (Nelson,1991).

Un análisis económico puede considerar otros gastos asociados a la operación, cuando se comparan varios tipos de estructuras. Por ejemplo, la dificultad para obtener los materiales, mano de obra confiable, o la inconveniencia del mantenimiento y cubrimiento de una estructura, pueden hacer más atractivo, a la larga, el uso de cubiertas de plástico rígido que el de cubiertas de

películas plásticas. El ahorro de combustible es otra consideración importante, sobre todo en climas fríos, donde los costos de la calefacción pueden llegar a ser hasta un 30 y 40% menores en una estructura de doble capa, que en aquellas con cubiertas a base de paneles sencillos de vidrio (Nelson,1991). Este tipo de costos específicos puede ser difícil de obtener, sin embargo, se puede recurrir a la experiencia de viveros establecidos en la localidad para su estimación.

**Restricciones locales de construcción y políticas sobre impuestos.** La selección del mejor diseño para la construcción de un vivero, puede ser afectada por restricciones locales de construcción, impuestos y legislación sobre el uso del suelo. Los invernaderos y otras estructuras de propagación están sujetos a los códigos locales de construcción, los cuales cubren cada uno de los aspectos del diseño y construcción, para proteger la seguridad pública y el ambiente. En los Estados Unidos estas restricciones han sido adaptadas de modelos publicados por tres diferentes organizaciones (fig. 1.3.22). El Código Básico de Construcción (BOCA) es usado en el Noreste; el Código Uniforme de Construcción (ICBO) en el Oeste y el Código Estándar de Construcción (SBCCI) en el Sur. Las municipalidades pueden adoptar cualquiera de éstos o aún modificarlos, para satisfacer necesidades específicas, por lo cual los constructores deben consultar de manera prioritaria con las autoridades locales, durante la fase de diseño del vivero, para tener la certeza de que se cumple con los requerimientos locales (Aldrich,1993).

El método de evaluación de terrenos y estructuras de propagación puede variar significativamente entre estados e, incluso, entre condados (caso EE.UU.) y ciudades. Algunos sistemas de evaluación consideran a las estructuras de propagación cubiertas con vidrio o paneles de plástico como estructuras permanentes, mientras que aquellas con cubiertas de polietileno son consideradas como temporales. En otras localidades, algunos tipos de estructuras temporales son clasificadas como "Propiedad Privada Agrícola", las cuales son exentas de impuestos. Los constructores deben consultar a otros productores de la zona y asesores fiscales para determinar los códigos locales. Las oficinas fiscales de los municipios u otras agencias mantienen listas actualizadas de valoración de terrenos e impuestos (Bartok,1991b). La diferencia en los impuestos anuales puede ser significativa para decidir sobre un tipo específico de estructura de propagación.

**Tabla 1.3.5.** Costos de construcción para diferentes tipos de estructuras de propagación.

Armazón y cimentación	Tipo de cubierta	Costo/m <sup>2</sup> (US)	Costo/pie <sup>2</sup> (US)
<b>Invernaderos</b>			
Estructura de acero galvanizado, con cimientos y piso de concreto	Páneles de vidrio templado	118.36 – 153.33	11.00 – 14.25
Estructura de acero galvanizada y acanalada, con pilares y piso de concreto	Polietileno bi-capa	53.80 – 83.39	5.00- 7.75
Estructura de tubos galvanizados en forma de arco, con pilares y piso de concreto	Hojas de policarbonato	59.18 – 85.54	5.50 – 7.95
Estructura de tubos galvanizados en forma de arco, con pilares y piso de concreto	Polietileno bi-capa	30.13 – 45.73	2.80 – 4.25
<b>Refugio</b>			
Estructura de acero galvanizado, con pilares de concreto y piso de asfalto	Techo de fibra de vidrio con paredes laterales aislantes	37.73 – 75.32	3.50 – 7.00
<b>Casa sombra</b>			
Estructura de acero galvanizado, con pilares de concreto y piso de grava	Polietileno bi-capa con paredes laterales de malla sombra	19.37 – 26.90	1.80 – 2.50
Preparación del sitio		8.07 – 10.76	0.75 – 1.00

Fuente: Aldrich y Bartok (1992), Hummert (1993), Hahn (1992).



**Figura 1.3.22.** Los constructores de viveros deberán estar conscientes de los códigos locales de construcción, los cuales generalmente están fundamentados en tres códigos regionales (modificado de Cyro Canadá, 1991).

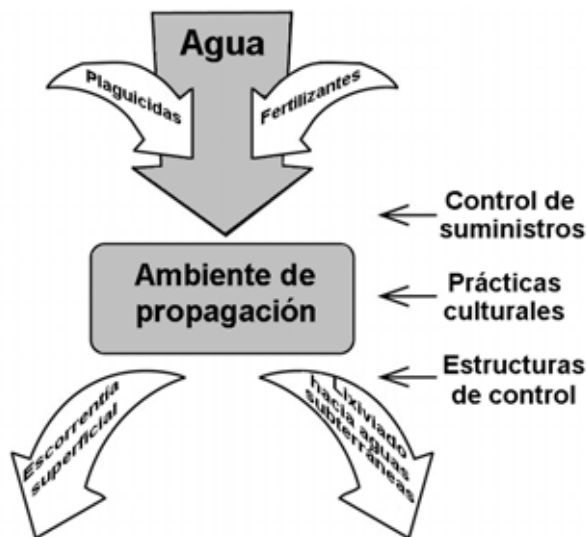
**Contaminación del agua.** En la actualidad, la calidad de agua es uno de los aspectos más importantes desde el punto de vista ecológico y político, por lo que se están promulgando nuevas legislaciones para regular las descargas químicas que provienen de todas las actividades agrícolas. Los fertilizantes y plaguicidas químicos han contribuido de manera importante a incrementar el crecimiento de las plantas en los viveros, pero también pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas cuando se permite su liberación del medio de propagación. Los principales contaminantes derivados de la agricultura son los

plaguicidas y sus productos residuales, así como los nitratos y fosfatos. Los plaguicidas y nitratos que se han lixiviado hacia las aguas subterráneas, pueden representar un riesgo para la salud humana aun en concentraciones relativamente bajas. El escurrimiento de los nitratos y fosfatos pueden llevar a la eutroficación de los cuerpos de agua superficial.

Los viveros pueden ser fuentes de contaminación cuando los fertilizantes y plaguicidas son inyectados en los sistemas de riego y se incorporan a las descargas de agua del vivero. Además, un vivero puede ser señalado como responsable cuando pruebas de calidad del agua subterránea muestran contaminación con nitratos y plaguicidas (Landis *et al.*, 1992).

Las restricciones en materia de contaminación de agua cada vez son más severas, por lo que los constructores de viveros deben incluir en sus diseños aspectos de control de descargas de agua (fig. 1.3.23). La primera característica del diseño debe considerar un suelo impermeable en todas las áreas de desarrollo y propagación. En años anteriores, muchos viveros de contenedores fueron diseñados con suelos de grava, provocando infiltraciones del agua de riego hacia el suelo. Más aun, aquellas estructuras de propagación con pisos sólidos fueron niveladas para conducir las descargas de agua hacia canales o estanques. Un segundo aspecto a considerar en el diseño de un vivero, es la concentración de las descargas de agua en estanques donde puedan ser tratadas o recicladas. Varios viveros ornamentales en

California y Óregon, son los precursores de los sistemas de riego con aguas recicladas para los viveros que producen en contenedor (Skimina,1992). Pruebas de campo realizadas en el vivero forestal de investigaciones de la Universidad de Idaho, han mostrado que las descargas de agua pueden ser colectadas y tratadas dentro del vivero mediante una laguna de oxidación (Dumroese *et al.*,1992). Varios sistemas de riego de circuito cerrado han sido desarrollados para eliminar completamente las descargas en las áreas de propagación.



**Figura 1.3.23.** Una reciente preocupación en el diseño de los viveros, que con el tiempo está resultando ser más importante, es el controlar la escorrentía del agua de riego, para detener la contaminación potencial del suelo y de las aguas subterráneas (Landis *et al.*,1992).

Muchos de los elementos para el control de la contaminación del agua resultan económicos cuando se contemplan desde la fase de diseño, pero pueden resultar onerosos si se quiere equipar instalaciones ya existentes.

**Confiabilidad.** Un vivero que ha sido pobremente diseñado puede resultar desastroso, y algunos viveros de contenedores han fallado por errores en el tipo y construcción de las instalaciones (Mc Donald,1982). Aún en estructuras de propagación completamente automatizadas, una falla del equipo o climas extremos, pueden llegar a causar cambios repentinos y desastrosos en el ambiente. Si las instalaciones no han sido acopladas al ambiente, el productor deberá estar luchando para mantener las condiciones adecuadas de crecimiento. Las fallas de diseño se reflejarán en una pobre calidad de plantas, y en inusualmente altos costos de operación.

Los constructores deberán visitar otros viveros locales para identificar el tipo de instalaciones que

han tenido éxito, y preguntar a los responsables qué es lo que harían diferente si requirieran construir de nuevo sus instalaciones. Para la evaluación de los diferentes factores que deben ser considerados, se puede utilizar una matriz de decisiones (ver sección 1.2.4).

### 1.3.4.3 Diseño espacial eficiente.

Una vez determinados los tipos y tamaños de los ambientes de propagación, se procede al diseño del espacio interior. El **espacio de producción** se define como aquella área dentro del ambiente de propagación que es cubierta con plantas. Otras áreas, como los pasillos, no intervienen directamente en la producción. El costo de la planta es un reflejo directo de la **eficiencia del espacio de producción**, por lo cual los constructores deberán hacer cuidadosamente el diseño de las instalaciones del vivero. Cualquier espacio dentro del ambiente de propagación que no produce plantas es parte del costo del vivero, e incrementa con ello los costos unitarios.

**Tamaño de los contenedores.** El factor más crítico que afecta la eficiencia del espacio de producción es el tamaño del contenedor. Una gran variedad de tipos y tamaños de contenedores han sido utilizados en la producción de especies forestales, presentando cada uno de ellos ventajas y desventajas (los criterios para la selección de un contenedor son discutidos en el volumen dos de esta serie).

La característica más importante para el diseño es la cantidad de espacio de producción que cada contenedor ocupará. Muchos de los contenedores utilizados en viveros forestales son de tipo agregado, llamados bloques o charolas (fig. 1.3.21), y sus dimensiones (largo y ancho) pueden ser utilizadas para calcular la superficie por unidad. Cuando se tiene producción de diferentes especies o sistemas, se hace necesario la utilización de contenedores de diferentes dimensiones. Si este es el caso, algunos contenedores como los bloques de poliestireno expandido (Styrofoam®) tienen las mismas dimensiones exteriores, pero con celdas de diferentes capacidades (tabla 1.3.6). Esto le permite al productor el intercambiar las capacidades de celdas sin modificar el diseño del espacio de producción, logrando así el uso más eficiente del espacio total.

**Tipos de soporte para contenedores y sistemas de manejo.** La decisión de cultivar plantas sobre camas, plataformas u otros tipos de soportes, también afecta la eficiencia en el uso de los espacios dentro del área de propagación. Un



sistema de soporte tradicional consiste de camas o mesas con pasillos espaciados regularmente para permitir el acceso a cualquier parte del área de producción. Existen dos configuraciones estándar de mesas permanentes: longitudinal y peninsular (fig. 1.3.24). Aunque en términos de eficiencia del espacio es mejor el tipo peninsular, éste puede ser más restrictivo para el uso de sistemas de bandas transportadoras u otros sistemas de manejo motorizados. Las mesas móviles o rodantes son una innovación relativamente reciente que ha incrementado la eficiencia del espacio hasta en un 25%, en comparación con los sistemas de mesas fijas, y pueden aprovechar hasta en un 90% el espacio total (Langhans,1980).

El sistema de manejo de los contenedores afectará la estimación del espacio de crecimiento, ya que determina el número y dimensiones de pasillos y corredores dentro de la estructura de propagación.

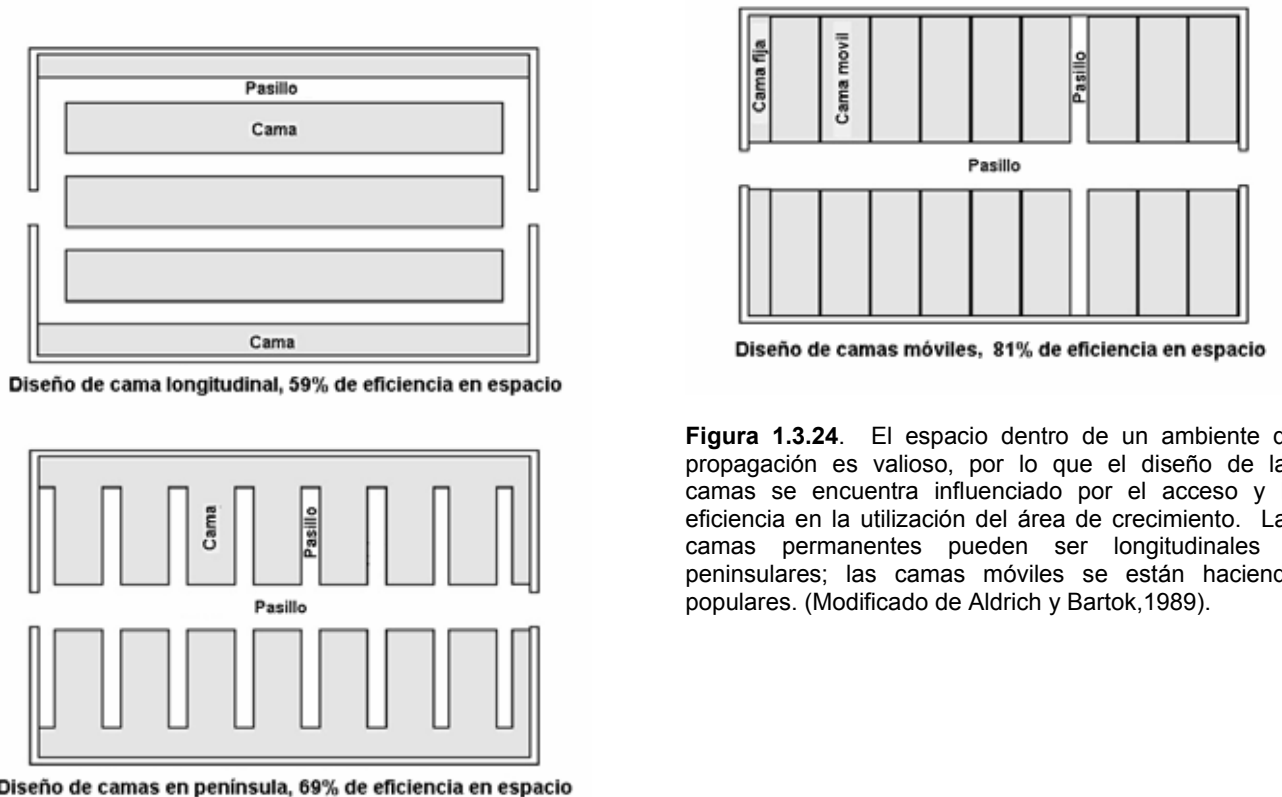
Por ejemplo, si se usará un sistema de montacargas o plataformas, los pasillos y las puertas deberán ser lo suficientemente amplias para permitir su acceso y maniobras de giro (Información específica del soporte de los contenedores y de los sistemas de manejo es proporcionada en la sección 1.4.2 de este volumen).

**Estructuras a cielo abierto.** Dado que este sistema no tiene restricciones externas de límites estructurales, su diseño es sencillo. Son comúnmente divididas en **secciones** o **lotes**, cuyas dimensiones se determinan por la capacidad de cobertura del sistema de riego y las necesidades de acceso de los trabajadores. Si se usarán montacargas u otro tipo de equipo en el interior de las estructuras, debe considerarse espacio adicional en los pasillos (fig. 1.3.25).

**Tabla 1.3.6.** Los contenedores que tienen las mismas medidas exteriores para diferentes volúmenes por celda, ofrecen varias ventajas para la planeación del cultivo y la eficiencia del espacio de producción.

Contenedores de bloques de poliestireno expandido				Número de celdas por contenedor	Celdas totales en el invernadero* (880 charolas)
Capacidad de celda		Medidas exteriores			
cm <sup>3</sup>	pulgada <sup>3</sup>	cm	pulgadas		
41	2.5	36 x 60	14 x 24	240	211,200
66	4.0	36 x 60	14 x 24	160	140,800
106	6.5	36 x 60	14 x 24	112	98,560
336	20.5	36 x 60	14 x 24	45	39,600

(\*) ver figura 1.3.26



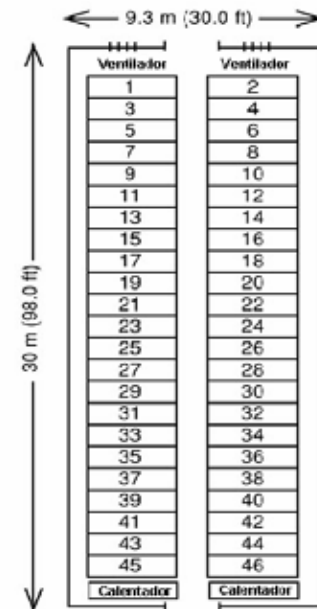
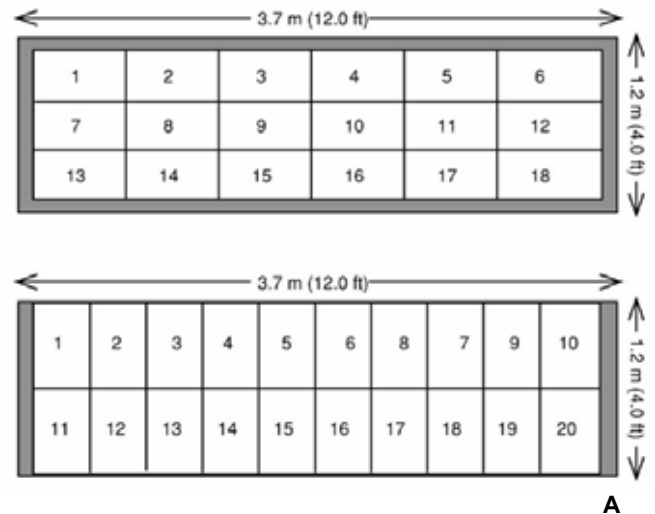
**Figura 1.3.24.** El espacio dentro de un ambiente de propagación es valioso, por lo que el diseño de las camas se encuentra influenciado por el acceso y la eficiencia en la utilización del área de crecimiento. Las camas permanentes pueden ser longitudinales o peninsulares; las camas móviles se están haciendo populares. (Modificado de Aldrich y Bartok, 1989).



**Figura 1.3.25.** Las plantas en instalaciones a cielo abierto son producidas en camas o plataformas temporales.

**Estructuras de propagación.** Algunas condiciones especiales son necesarias en invernaderos controlados con sistemas de calentamiento y enfriamiento. El objetivo principal de cualquier diseño es lograr la máxima utilización del espacio, permitir el acceso a los trabajadores, y mantener la planta a una distancia segura de los equipos de calentamiento y enfriamiento. Comúnmente se dejan de 30 a 60 cm (1 a 2 pies) de espacio libre entre las paredes del invernadero y las mesas, a fin de mantener las plantas alejadas de los flujos de aire frío o caliente que descienden por las paredes, así como para mejorar la circulación interna del aire. Las áreas ubicadas cerca de las paredes de enfriamiento húmedas o de los extractores están sujetas a un excesivo desecamiento, por lo que los contenedores deben colocarse a 1 m (3.3 pies) de estas zonas.

**Ejemplo para el cálculo del espacio.** Considere un invernadero que mide 9.3 m (30 pies) de ancho y 30 m (98 pies) de largo, equipado con calentadores, ventiladores y paredes húmedas, localizados en los extremos. Las plantas se desarrollarán en contenedores del tipo Styrofoam® con medidas de 36 x 60 cm (14 x 24 pies) y serán colocadas en plataformas de madera, que serán manejada con montacargas o plataformas mecánicas. Las dimensiones estándar de una plataforma son 1.2 x 3.7 m (4 x 12 pies), y los contenedores pueden ser colocados sobre la plataforma con una orientación a lo largo o ancho (fig. 1.3.26A). Poniéndolos a lo largo se pueden colocar tres hileras de seis charolas cada una o 18 en total, mientras que con una colocación a lo ancho, se tendrían dos hileras con 10 charolas o un total del 20 charolas por plataforma - que representaría la opción más eficiente de utilización del espacio -. Cada plataforma tiene una superficie de 4.44m<sup>2</sup>, de la cual los contenedores ocupan 4.32m<sup>2</sup>, para una eficiencia del 97%, la cual es muy buena.



**Figura 1.3.26** Los viveros con diseño en plataforma producen sus cultivos para posteriormente poder manejar el máximo número de contenedores (A); el diseño y orientación de las plataformas en el área de propagación debe de permitir un espacio amplio para el acceso y el equipamiento para el control ambiental (B).

Debido a que el invernadero puede ser llenado o vaciado por los extremos, las plataformas deben estar orientadas en forma perpendicular a los lados del invernadero (fig. 1.3.26B). Esta orientación deberá permitir un pasillo central de 1 m (3.3 pies) y pasillos laterales de aproximadamente 0.5 m (1.2 pies). Dejando 1.0 m (3.2 pies) en una de las orillas del invernadero como protección ante ventiladores y 2.0 m (6.4 pies) en el otro lado para los calentadores, da como resultado 2 lotes de 22 plataformas cada una. Por lo tanto, este diseño

deberá permitir 44 plataformas de 20 contenedores cada uno u 880 contenedores en toda el área, para una eficiencia espacial promedio del 70%. Multiplicando esto por la eficiencia del espacio de las plataformas (0.70 x 0.97) nos arroja una eficiencia espacial de producción total del invernadero igual a 68%.

Este mismo procedimiento general puede ser utilizado para otros sistemas de mesas porta charolas y tipos de contenedor. El mejor arreglo espacial debe de ser un término medio entre el acceso para los trabajadores y el equipo, con el máximo espacio para la producción. Observe que una mayor cantidad de plantas pueden ser producidas en el mismo invernadero, mediante la sustitución de contenedores de menor capacidad. Utilizando la charola de poliestireno expandido (Styrofoam®), con la mayor capacidad del contenedor, se pueden producir 39,600 plantas por cultivo, mientras que utilizando el contenedor con la menor capacidad de volumen es posible obtener una producción de 211,200 plantas (tabla 1.3.6). El tamaño de las plantas y su calidad pueden ser significativamente diferentes entre los dos diferentes tipos de contenedor, sin embargo, algunas especies no son tolerantes a altas densidades de producción.

#### 1.3.4.4 El diseño ideal del vivero

Aún y cuando parezca obvio, actualmente no existe una estructura de propagación “ideal” para cada aplicación. La mejor elección dependerá de muchos factores, por lo cual los constructores de viveros deben intentar obtener la mayor cantidad de información posible antes de hacer una decisión final. Obtenga la información técnica más reciente de las revistas o boletines de viveros, dado que la que existe en la literatura comúnmente no está actualizada. Realice contactos con Universidades que cuenten con áreas de horticultura, agrícolas o forestales, así como con empresas distribuidoras en estas áreas y con otros productores locales para lograr obtener perspectivas prácticas. Tenga en cuenta que las demandas o las garantías de reemplazo, muchas veces sólo cubren el precio de compra de los materiales y no el trabajo requerido para la instalación o el costo por la pérdida de un cultivo (Jozwik, 1992).

En un análisis final, el diseñador de viveros debe tomar en cuenta todos los aspectos considerados con la estructura de propagación: de ingeniería, biológicos, económicos y de operación. A estos factores se les puede asignar un **peso** basado en su importancia relativa, y el procedimiento para la toma de decisiones de la sección 1.2.4 puede ser

utilizado para obtener una selección final. Asegúrese de incluir consideraciones políticas, especialmente para viveros particulares o gubernamentales. Una estructura específica de producción puede ser la mejor opción desde el punto de vista biológico o económico, pero puede no ser la mejor alternativa si la empresa o la agencia no aceptan su apariencia o el riesgo de la pérdida de la producción asociado.



### 1.3.5 Instalaciones de Servicio

El vivero es algo más que una simple estructura de propagación o instalaciones de producción. Las instalaciones de un vivero exitoso deberán incluir un área principal de operaciones, instalaciones de almacenamiento y oficinas de apoyo para los trabajadores, así como proveer una vía práctica de acceso a herramientas, equipos y suministros.

#### 1.3.5.1 Área principal de operaciones

La construcción principal de servicio en una estructura de producción es referida como el **área principal de operaciones**, la cual es una analogía por la función crítica que brinda al resto de las instalaciones del vivero. Dependiendo del tamaño y sofisticación del vivero, esta área proporciona muchos servicios tales como:

- Protección del equipo para el control ambiental
- Almacenamiento de materiales y equipo
- Sirve como área de trabajo durante la siembra o el empaçado
- Provee un área para la oficina, baños y comedor.
- Funciona como área de reparación.

El área principal de operaciones es un excelente lugar para ubicar el panel del control eléctrico, los controles ambientales y equipo de cómputo, las válvulas y encendido del sistema de riego, así como el sistema de alarma para los casos de emergencia. Dado que los fertilizantes y plaguicidas deben ser almacenados cerca de esta área, los inyectores de fertilizante son comúnmente ubicados en el área principal de operaciones. Si los plaguicidas deben ser almacenados en esta área, entonces deberán colocarse en un cuarto separado, que sea diseñado apropiadamente para minimizar posibles derrames y contaminación del resto del área principal de operaciones (ver sección 1.3.5.2).

Independientemente de estas funciones, esta área deberá ubicarse de forma tal que los trabajadores, insumos y el mismo cultivo, puedan moverse rápida y eficientemente. Para maximizar el acceso y minimizar el sombreado, esta área es normalmente establecida en el lado norte en una unidad simple o de hileras de estructuras, o en el centro de un conjunto de estructuras (fig. 1.3.27). El tamaño y diseño interior del área central de operaciones depende del tipo de actividades, tamaño y requerimientos de almacenamiento de cada vivero. Un tamaño apropiado de esta instalación en un vivero que produce en contenedor variará considerablemente dependiendo de muchos

factores. De hecho, el tamaño de esta área no está en proporción fija del espacio total de producción, pero el área relativa decrece a medida que el tamaño del vivero incrementa (Bartok, 1992b):

Tamaño de las estructuras de propagación		Tamaño del área principal de operaciones para un espacio* de producción de 10,760 m <sup>2</sup>	
m <sup>2</sup>	pies <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	Pies <sup>2</sup>
930–3,717	10,000–40,000	13.9	150
3,717–7,435	40,000–80,000	9.3	100
> 7,435	> 80,000	7.0	75

\*10,760 m<sup>2</sup> = 1,000 pies<sup>2</sup>

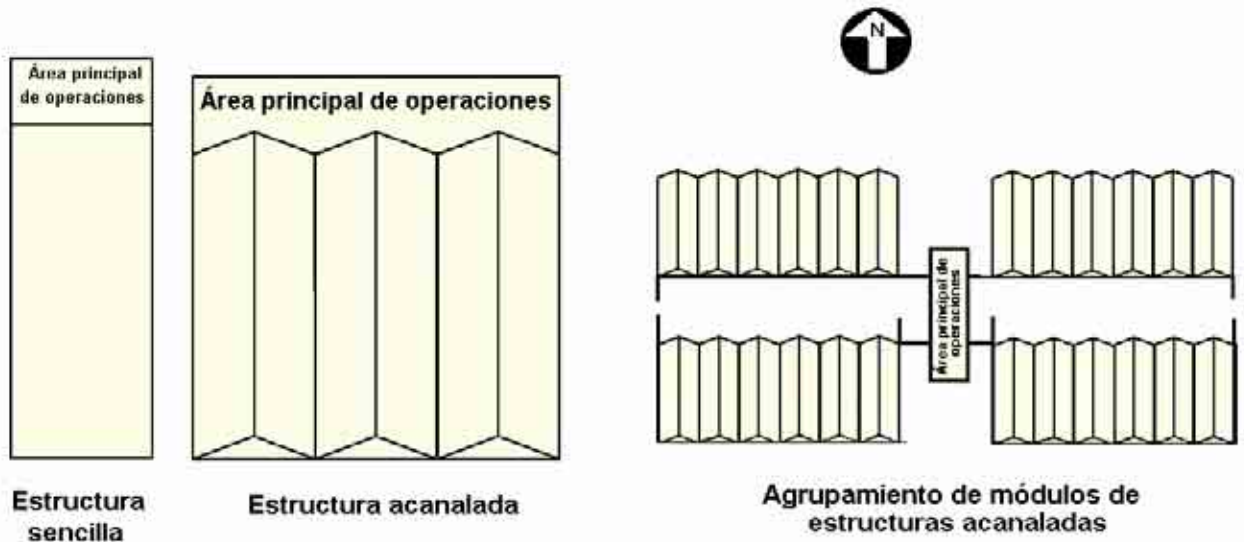
Algunos viveros utilizan espacios sin uso o los pasillos en las estructuras de propagación para realizar todas las actividades que demandan un trabajo intenso, tales como la siembra y el empaçado (fig. 1.3.28). Esto puede disminuir la cantidad de espacio que podría ser requerido para el área principal de operaciones, pero requiere una planeación cuidadosa y un énfasis en la limpieza.

El área deberá diseñarse de forma tal que tanto los materiales como el personal puedan moverse eficientemente en todas las diferentes operaciones que se realizan, con un mínimo de manejo extra y cruces de tráfico. Los requerimientos del espacio para el área de trabajo deben dejar espacio adecuado para que los trabajadores y el equipo puedan operar segura y eficientemente durante todas las diferentes actividades y períodos de trabajo que se realizan en el vivero: envíos, recepciones, siembra, clasificación y empaçado, y mantenimiento. Todo el equipo deberá ser portátil, de forma tal que pueda ser almacenado cuando no se utiliza. Los pisos deberán ser de concreto, y si será utilizado equipo de manejo para materiales pesados dentro de las instalaciones del área principal de operaciones, al menos deberá contar con un grosor de 10.2 a 15.2 cm (4 a 6 pulgadas). Los techos deberán tener al menos 7.3 m de alto (24 pies). La luz artificial deberá ser fluorescente o a base de haloideo metálico y producir 215 luxes (20 velas pie) en el área de trabajo, y de 108 luxes (10 velas pie) en las oficinas (Bartok, 1992b). Las puertas entre el área principal de operaciones y las estructuras de propagación deberán ser lo suficientemente grandes para dar cabida a los sistemas de transporte de materiales y equipo; Nelson (1991) recomienda que estas puertas de servicio sean de 3 m de ancho por 2.7 m de alto (10 por 9 pies). Una rampa de carga es también una buena idea para facilitar la descarga de insumos o materias primas, y para el embarque al

momento de enviar las plantas a campo (ver sección 1.3.6.2).

Deberán desarrollarse diferentes planos del área principal de operaciones, así como diagramas de

flujo para cada fase del trabajo. En este sentido, deberá seleccionarse aquel diseño que mejor satisfaga al conjunto de requerimientos.



**Figura 1.3.27** El área principal de operaciones deberá ubicarse cercana a las estructuras de propagación, pero en el lado norte para eliminar la sombra; en viveros grandes, esta área deberá ubicarse en la parte central (modificado de Boodley,1981).



**Figura 1.3.28** Los viveros realizan actividades de intenso trabajo, tales como la siembra y clasificación en el área principal de operaciones o, si las condiciones lo permiten, en los pasillos de la estructura de propagación.

### 1.3.5.2 Almacenamiento de plaguicidas

Aún y cuando en este momento no existen leyes o normas federales relativas a dónde y cómo deberán ser construidas las instalaciones de almacenamiento de plaguicidas, otras normas prohíben el uso de los terrenos que han sido previamente contaminados (Dwinell, 1992). Varios estados del medio oeste de los Estados Unidos siempre tienen establecida una regulación mínima y otros siguen el ejemplo. Los constructores de viveros deben estar actualizados a fin de incorporar ciertas características en su plan del sitio, tal como una almohadilla de contención. El almacenamiento de plaguicidas en interiores y las áreas de mezclado deberán contar con paredes de concreto con revestimientos adecuados. Los viveros grandes que utilizan equipo de aspersión motorizado, requerirán de almohadillas encerradas para el exterior. Las almohadillas de contención deberán estar inclinadas para drenar hacia un depósito en donde el derrame puede ser diluido con agua y después ser bombeado de regreso al aspersor o a un tanque de depósito (Bartok, 1992c). Otros diseños específicos están contenidos en dos excelentes publicaciones: *Diseño de Instalaciones para la Contención de Plaguicidas y Fertilizantes* (Designing Facilities for Pesticide and Fertilizer Containment) (Kammel *et al.*, 1991), y *Memorias del Simposio Nacional sobre Contención de Plaguicidas y Fertilizantes: Diseño y Manejo* (Proceedings from the National Symposium on Pesticide and Fertilizer Containment: Design and Management) (MidWest Plan Service, 1992). Ambos pueden ser adquiridos en el Departamento de Manejo de Recursos Naturales e Ingeniería en la Universidad de Connecticut en Storrs (EUA).

### 1.3.5.3 Oficinas

El espacio destinado a oficinas pudiera parecer un lujo cuando se está diseñando un vivero, pero en realidad es muy importante una vez que inician las actividades. Acorde con esto, la oficina deberá incluirse en los planos del vivero siempre que sea posible. En los viveros grandes, las construcciones para el personal de oficina y la gerencia se diseñan separadas. Cuando las instalaciones son pequeñas, las oficinas se localizan usualmente en el área principal de operaciones, cerca de la entrada principal. En estas áreas se recomienda destinar cerca de 9.3m<sup>2</sup> (100 pies<sup>2</sup>) por persona (Bartok, 1992b). Dado que el papeleo y archivos incrementan exponencialmente con el tamaño y sofisticación de un vivero, el área de oficinas deberá ser diseñada de forma tal que se pueda ampliar en función del crecimiento de las operaciones.

### 1.3.5.4 Almacenamiento de planta

Las especies forestales son artículos **perecederos**. A diferencia de muchos otros productos que sufren decremento de calidad, la producción de un vivero está viva y por lo tanto tiene un período de conservación limitado. Los diseñadores deberán dar especial atención al tipo y cantidad del espacio de almacenamiento que será requerido. Existen dos tipos básicos de almacén de plantas: refugios y almacenes refrigerados.

**Refugios.** En climas templados, la planta en contenedores es almacenada en el área de desarrollo hasta que es trasladada al sitio de plantación (fig. 1.3.29A). La planta continúa recibiendo riego y protección contra los vientos secos mediante las cortinas rompevientos. A mayores latitudes y altitudes, en donde es alta la probabilidad de heladas, la planta es colocada directamente en el suelo para evitar daño en las raíces por bajas temperaturas durante el invierno. Esta actividad puede ser muy intensa para la mano de obra, ya que implica el trabajo de quitar y bajar de las mesas o plataformas los contenedores y colocarlos en el suelo. Los productores han desarrollado innovaciones para hacer más fácil este proceso. En un vivero de Canadá, las plantas son colocadas en un soporte especial suspendido sobre el suelo mediante separadores plegables de madera (fig. 1.3.29B). Esto permite que durante la época de crecimiento se dé la poda por contacto con el aire y, cuando llega el invierno, la tensión de los cables que sujetan el soporte se afloja y el lote completo de plantas baja hasta el suelo. En áreas muy frías y con viento, los lotes de planta deben ser aislados en el perímetro.

Las casas sombra han sido usadas por muchos años como una combinación para el endurecimiento y almacenamiento. A la típica casa sombra utilizada como almacén en la época de invierno se le coloca malla adicional a los lados y en el techo (fig. 1.3.17A), lo que protege a la planta de tiempo atmosférico adverso, incluyendo vientos fuertes, granizadas, lluvias y nevadas intensas. La casa sombra permite disminuir la temperatura respecto a la que se tendría con la luz directa del sol, ya que la luz solar se reduce entre 30 y 50%. La sombra y la reducción de la velocidad de los vientos, representan una baja en la pérdida de agua por transpiración durante la etapa de crecimiento, además de proteger contra la quemadura del follaje por desecación en climas fríos, cuando la raíz se congela. Las casas sombra completamente cerradas, también protegen contra animales grandes tales como venados y conejos; aunque esto puede incrementar el potencial de



daño causado por animales pequeños, ya que las poblaciones de ratones y otros roedores pueden incrementar rápidamente al estar protegidos de sus depredadores.

El diseño de la casa sombra variará con el clima. En climas templados es conveniente contar con techos impermeables para evitar exceso de riego provocado por la lluvia, y evitar la pérdida de nutrientes por el lixiviado de los contenedores. En áreas en donde se registran fuertes nevadas, para la casa sombra se debe considerar estructuras resistentes al peso de la nieve. Otra opción es la remoción de las mallas sombra durante el invierno para permitir que la nieve caiga a través de la estructura. Las nevadas ligeras no dañan a la planta y de hecho sirven como un excelente aislante.

Las estructuras de arcos y los túneles que han sido utilizados en viveros forestales a altas latitudes son de bajo costo. Después de la temporada de crecimiento, las cubiertas son removidas de las estructuras y las plantas se colocan en el suelo para el almacenamiento durante el invierno. En otros sistemas, las plantas se desarrollan en invernaderos y luego son movidas a estructuras de arcos, las cuales están cubiertas con polietileno blanco para reflejar la luz solar, a la vez que se proporciona protección contra viento y lluvia (fig.1.3.29C). Frecuentemente estas estructuras están diseñadas con ventilación a los costados para permitir el intercambio de aire durante los periodos cálidos en invierno, donde las temperaturas interiores llegan a subir lo suficiente como para romper la dormancia de la planta (fig.1.3.29D).



A



B



C



D

**Figura 1.3.29.** Las plantas pueden ser almacenadas en instalaciones a cielo abierto en climas templados (A), pero deben de estar separadas del suelo mientras la raíz se encuentra en un proceso de activo crecimiento (B). Los invernaderos arqueados cubiertos con plástico blanco son utilizados como refugio de almacenamiento en los viveros localizados a grandes latitudes (C), y muchos cuentan con ventilas que permiten el enfriamiento durante los períodos soleados (D). (C, de Regan, 1993).

El tamaño del área de las estructuras cubiertas para almacenamiento depende principalmente del tipo de sistema de propagación, número de cultivos producidos por estación y del tiempo que la planta



deberá estar almacenada. Los viveros que producen más de un cultivo por año requerirán analizar cuidadosamente la cantidad necesaria de espacio de almacenamiento. La experiencia ha mostrado que una superficie de almacenamiento de dos a tres veces el tamaño del área de propagación es requerida comúnmente.

**Almacenamiento refrigerado.** Por muchos años las plantas producidas a raíz desnuda han sido almacenadas bajo refrigeración, pero esto es relativamente nuevo en los viveros de contenedor. Cuando la planta forestal se produjo por primera vez en contenedor, se asumió que este tipo de planta podía ser establecida todo el año y muchos viveros transportaban sus existencias al lugar de plantación en los contenedores de crecimiento. Con esto gradualmente cambiaron la forma de almacenamiento y carga de contenedores. Primero se encontró que el transporte de la planta en contenedores era costoso, voluminoso y muchos contenedores reutilizables regresaban a los viveros sucios y dañados (fig. 1.3.30A). En segundo lugar, se observó que el almacenamiento en estructuras cerradas rompía el estado de dormancia muy temprano, *especialmente en el sistema radical* (fig. 1.3.30B). Esto normalmente ocurre en muchos sitios antes de la temporada de plantación, detectándose que la planta sin dormancia no soporta muy bien el estrés de las actividades operativas y manejo. Así es que para minimizar el volumen de almacenaje y mantener a la planta en estado de dormancia hasta que esté lista para salir al lugar de plantación, los viveristas iniciaron el proceso de extracción (**sacar a la planta de sus contenedores**), clasificándola y empacándola para su almacenamiento en refrigeración.

Existen dos tipos de almacenamiento con refrigeración usados en los viveros forestales: almacenamiento frío y almacenamiento de congelación; los cuales se distinguen por las temperaturas a las cuales se expone a las plantas:

	Temperatura interna
Almacenamiento en frío	1 a 2 °C (33 a 36 °F)
Almacenamiento en congelación	-4 a -1 °C (25 a 30 °F)



A



B

**Figura 1.3.30.** Debido a razones biológicas y de operación, muchos viveros están cambiando sus refugios a almacenes con control de temperatura. La planta embarcada en el contenedor es comúnmente dañada durante el trasplante y la plantación (A); en los climas fríos, el sistema radical de las plantas que han sido almacenadas en los refugios se llega a congelar, lo cual puede producir problemas de desecación y dormancia. Observe la punta blanca de la raíz activa (flechas) en el cepellón congelado (B).

El almacenamiento en frío es recomendado cuando la planta se almacenará menos de 3 meses y cuando el transporte se realizará durante todo el periodo de almacenamiento. Cuando el periodo de almacenamiento va a ser mayor a 3 meses, muchos viveros utilizan el almacenamiento en congelación, el cual permite ampliar los periodos de almacenamiento dado que las bajas temperaturas suspenden la actividad metabólica de las plantas, conservan el contenido de carbohidratos y reducen la incidencia de moho. Dado que el congelamiento de las plantas transforma el agua libre de los contenedores en hielo, el desarrollo de patógenos y hongos disminuye. La presencia de patógenos tales como el moho gris (*Botrytis cinerea*), puede expandirse rápidamente a temperaturas muy

cercanas a las de congelación y arruinar toda la producción almacenada. (Para mayor información sobre mohos y otros problemas de almacenamiento, consultar el volumen cinco de esta serie).

Para retardar la desecación y proteger a las plantas durante su manejo y almacenamiento, éstas generalmente son empaquetadas en una película plástica o se introducen en bolsas de plástico. Estos paquetes posteriormente son colocados en cajas de cartón encerado, que son frecuentemente protegidas con otras bolsas de plástico (fig. 1.3.31A). Las cajas son almacenadas en portadores (fig. 1.3.31B), los que pueden moverse con montacargas hacia las unidades de almacenamiento con enfriamiento, donde son organizado en lotes (figs. 1.3.31 C y D).

**Conceptos básicos.** Se entiende por refrigeración al proceso de eliminar el calor de una sustancia hasta una temperatura deseada y mantenerla (Hardenburg *et al.*, 1968). La producción del vivero comúnmente es enfriada mediante el método de cuarto frío, en el cual las cajas que contienen las plantas son expuestas a aire frío que circula a una velocidad de 60 a 120 m/minuto (200 a 400 pies/minuto). Los componentes básicos de un sistema de refrigeración son: vapor de refrigeración a compresión, un compresor, un condensador y el vaporizador (fig. 1.3.32). El refrigerante es bombeado a través de una tubería hacia una válvula de expansión termostática, desde donde se libera al vaporizador (A en la fig. 1.3.32), en donde este "hierve" a bajas presiones. Dado que la evaporación es un proceso de enfriamiento, el calor es absorbido mediante el refrigerante de evaporación, enfriando el aire alrededor de pequeños serpentines. Los ventiladores envían aire a través del vaporizador en donde es enfriado y distribuido por toda el área de almacenamiento. El refrigerante que ahora es un gas a baja presión y temperatura, es regresado al compresor (B en fig. 1.3.32), donde la presión se incrementa. El gas caliente comprimido posteriormente es bombeado al condensador (C en la fig. 1.3.32). La condensación es un proceso de liberación de calor y, de esta manera, cuando el aire es dirigido a través del condensador, el calor es removido del gas y éste regresa a su estado líquido a alta presión (Bartsch y Blanpied, 1990). El líquido es entonces almacenado en un recipiente, listo para regresar al vaporizador en donde se requiere el enfriamiento.

El vapor de refrigeración a compresión es identificado por la letra "R". Los refrigerantes utilizados en sistemas pequeños de refrigeración

son halocarbonos, también conocidos como clorofluorocarbonos. Los refrigerantes completamente clorados, tales como R-11 y R-12, han sido señalados como destructores de la capa de ozono, por lo que se están dejando de utilizar. Actualmente se están desarrollando refrigerantes alternativos, pero son mucho más caros y no son compatibles con los sistemas de refrigeración existentes. La legislación actual dicta la recuperación de los refrigerantes de halocarbonos para su reciclamiento. Por lo tanto, los nuevos sistemas de refrigeración en viveros, necesitarán de mantenimiento periódico para recuperar y reciclar las partes que concentran la humedad, y algunos contaminantes a efecto de que puedan ser reciclados.

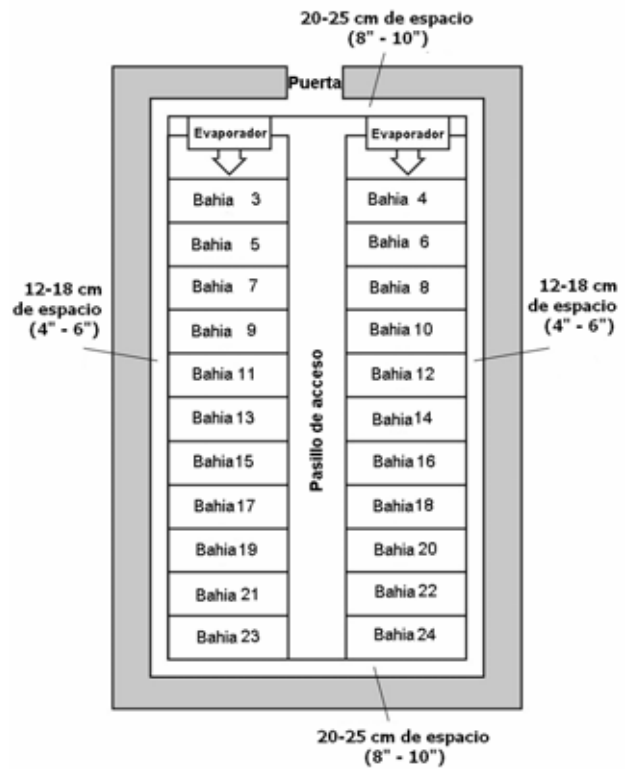
El enfriamiento que se requiere para conservar la planta a la temperatura deseada es llamado **requerimiento de refrigeración** o carga de refrigeración, y se expresa en toneladas de refrigeración o Unidades Térmicas Británicas (BTU). Una tonelada de refrigeración absorbe 12,660kj/h (12,000 BTU/h). Los requerimientos de refrigeración pueden basarse en el punto de carga de refrigeración, el cual depende de muchos factores, tales como el calor específico de las plantas, la temperatura deseada, las fugas de calor y el calor generado por la respiración de las plantas. (Hardenburg *et al.*, 1986). Dado lo complejo de este proceso, los constructores deben consultar a especialistas en refrigeración durante la fase de diseño del vivero.



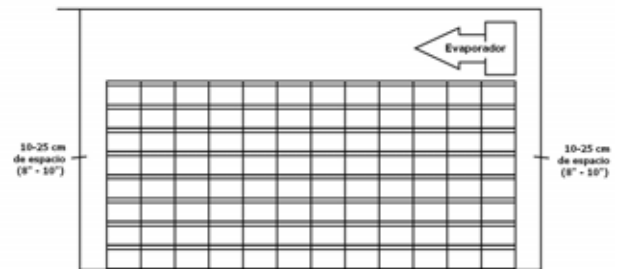
A



B

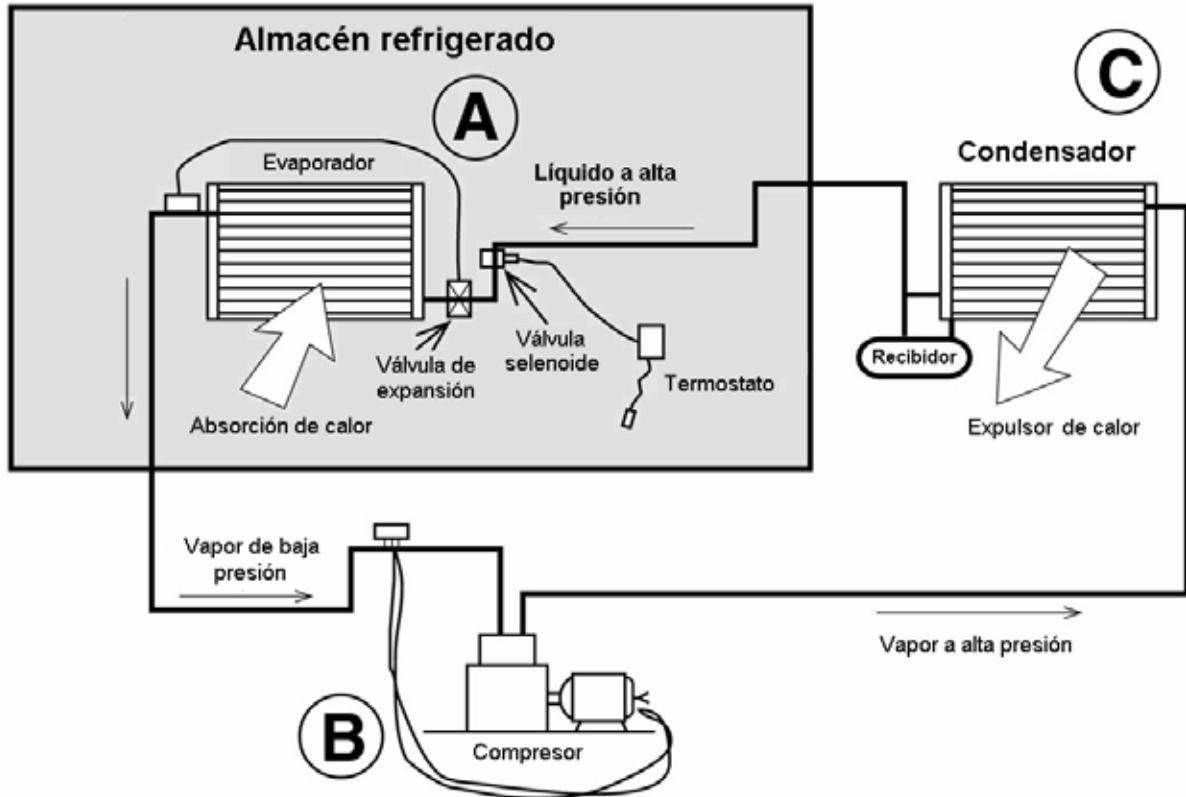


C



D

**Figura 1.3.31.** La planta empacada para almacenamiento refrigerado es colocada en cajas de cartón, las cuales son forradas con bolsas de plástico para retardar la pérdida de humedad (A), a su vez son almacenadas sobre sistemas de plataformas o andamios en “bahías” en el área de almacenamiento (B y C). El espacio debe ser diseñado para permitir una buena circulación del aire del evaporador de refrigeración y alrededor del perímetro (C y D) (C y D, modificados de Bartsch y Blanpied, 1990).



**Figura 1.3.32.** Los componentes básicos de un sistema de refrigeración incluyen el evaporador (A), el compresor (B) y el condensador (C) (modificado de Bartsch y Blanpied, 1990).

**Diseño del almacén para refrigeración.** El volumen de almacenamiento requerido dependerá del número total y tamaño de plantas a transportar, del tipo de contenedor para almacenar y del arreglo dentro del área de almacén. El primer paso es determinar el número de plantas que caben en el almacén. Los diferentes sistemas de producción pueden requerir diferentes tamaños de contenedor. Posteriormente se debe calcular cuántas plantas cabrán en un volumen dado del almacén refrigerado (tabla 1.3.7). Dividiendo el total de la producción por el número de plantas que caben en una unidad de volumen, se estima la capacidad de almacenamiento necesitado. El arreglo espacial dentro de un almacén varía mucho entre viveros. Cuando se estiban los contenedores se puede ocupar espacio a mayor altura, pero se requerirá de pasillos amplios para el acceso de montacargas. Algunos viveros almacenan sus plantas en cajas y son estibadas por pedido, durante el periodo de almacenamiento, por lo que el espacio es ocupado temporalmente hasta que la orden de planta es solicitada y sacada del almacén.

**Tabla 1.3.7.** El volumen de un almacén refrigerado que es requerido para un número específico de plantas varía inversamente con su tamaño.

Contenedor del tipo	Volumen del contenedor		Plantas por caja *	Cajas por m <sup>3</sup>	Plantas por m <sup>3</sup>
Styrofoam®	cm <sup>3</sup>	Pulgadas <sup>3</sup>			
2	41.0	2.5	750	15	11,250
4A	62.0	3.8	500	15	7,500
5	77.0	4.7	250	15	3,750
8	131.0	8.0	250	15	3,750
20	336.0	20.5	150	15	2,250

(\*) Usando una caja de 26 x 53 x 46 cm = 0.063 m<sup>3</sup> (10.2 x 20.8 x 18.0 pulgadas = 2.2 pies<sup>3</sup>)

Finalmente hay que decidir entre rentar espacio en algún almacén o construir uno propio. Los viveros ubicados en áreas agrícolas pueden contar con almacenes disponibles para rentar. Por ejemplo, los procesadores de manzana a menudo tienen espacio disponible en la primavera cuando puede ser almacenada planta forestal, o bien, se pueden rentar furgones de refrigeración de compañías camioneras para la época de almacenamiento.

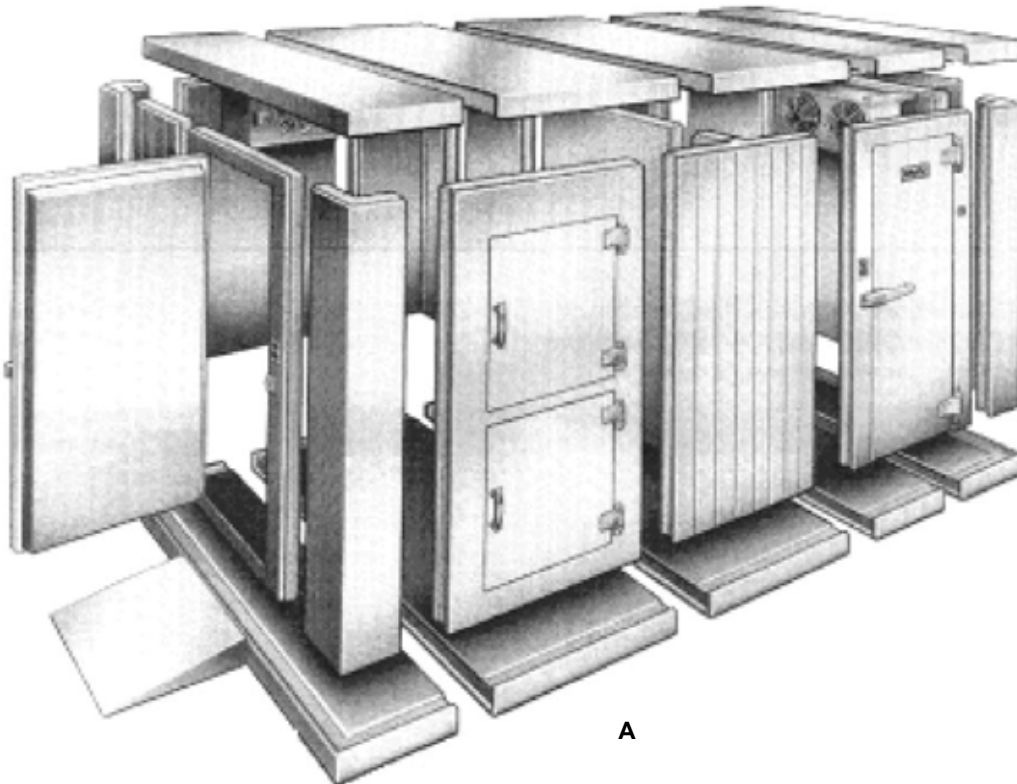
En el caso de construcción existen dos opciones: comprar unidades prefabricadas o construir totalmente el almacén. Varias compañías le pueden auxiliar a diseñar la construcción del almacén, de manera que pueda ser ampliado en un futuro. (fig.



1.3.33). Dado que la desecación siempre representa un problema, los almacenes fríos comúnmente se diseñan con controles de humedad para conservar la humedad relativa cerca del 100%. Esto es muy importante cuando las plantas serán almacenadas en recipientes abiertos, pero no es crítico cuando se empacan apropiadamente. Si se necesita el almacén de congelamiento, la construcción deberá ser diseñada sin conductos de agua internos que puedan congelarse y romperse. Considerando el gran valor de las plantas almacenadas, es recomendable que el diseño cuente con un sistema de alarma y un compresor de respaldo. El costo de un almacén prefabricado puede rondar los US \$176/m<sup>3</sup> (US \$5.00/pie<sup>3</sup>), sin anaqueles de almacenamiento (Wenny,1993) (Se puede encontrar mayor información sobre estructuras de almacenamiento y su operación en el volumen siete de esta serie).



**B**  
**Figura 1.3.33** Existen almacenes comerciales refrigerados prefabricados en unidades modulares, que pueden ser fácilmente instalados aún en el interior de estructuras preexistentes (**A**) o en instalaciones separadas (**B**) (cortesía de Bally Engineered Structures).



**A**

### 1.3.6 Diseño y Orientación

Un vivero que produce en contenedor debe planear el máximo crecimiento a la vez que promover la máxima eficiencia en la operación. Los diseñadores deben iniciar con un croquis de la ubicación de los distintos componentes del vivero (fig. 1.3.34); estos esbozos se deben dibujar a escala y con lápiz para facilitar correcciones. Hoy día existen programas de cómputo que permiten elaborar diseños simples.

#### 1.3.6.1 Ubicación de las áreas de propagación y orientación de las estructuras.

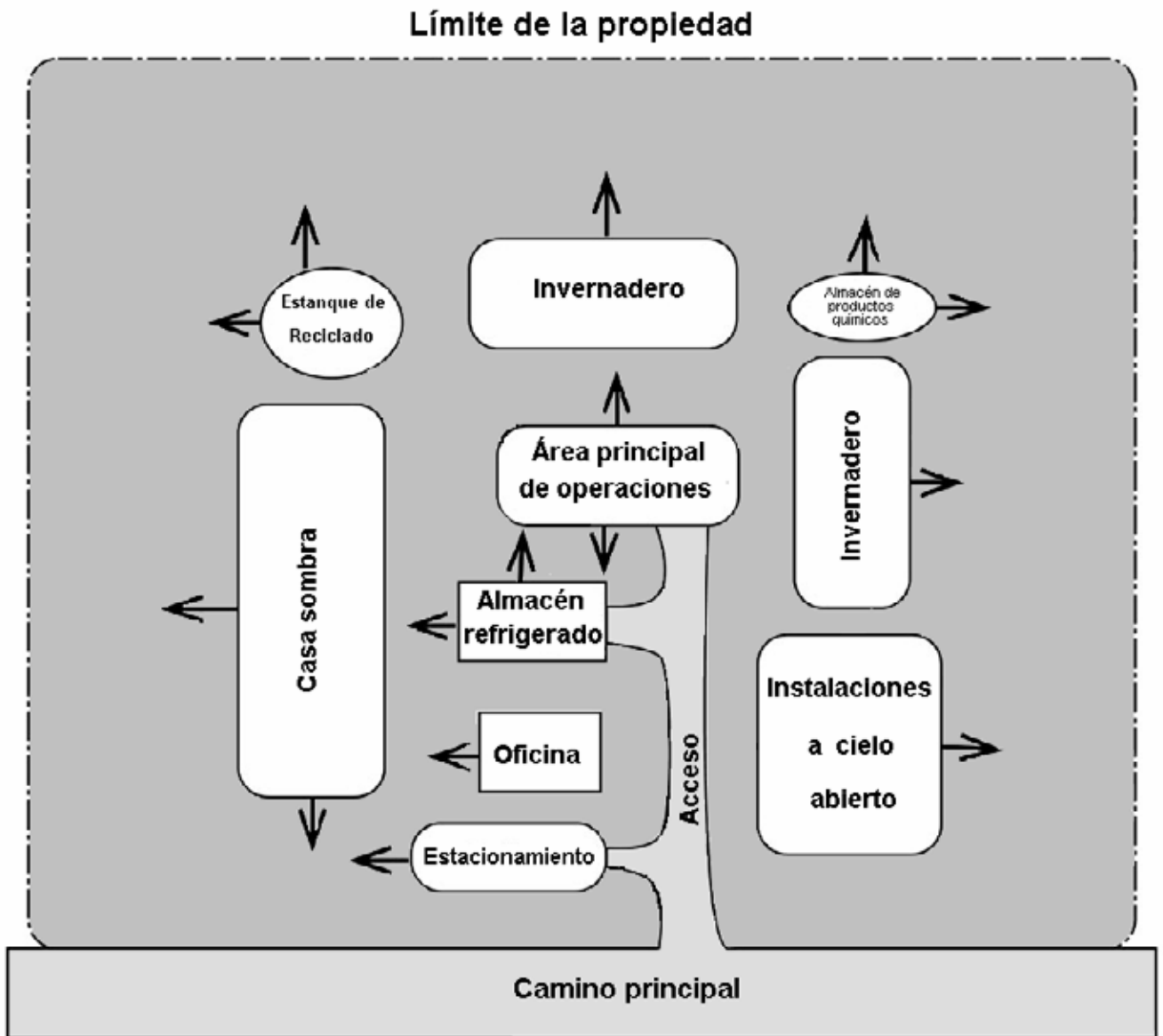
Las áreas de propagación y desarrollo son el corazón de un vivero, por lo que la totalidad de las instalaciones deben estar ordenadas respecto a éstas y en ellas se debe maximizar la luz solar. Las áreas de crecimiento a cielo abierto deben ubicarse para recibir la mayor radiación solar y la menor exposición al viento, evitando estar cerca de árboles altos, construcciones u otros elementos que puedan generar sombra durante un lapso importante del día (ver figura 1.2.1). Como regla general, las áreas de crecimiento deben localizarse a una distancia de por lo menos 2.5 veces la altura del objeto más cercano al sur, este y oeste (Walker y Duncan, 1974).

Se puede reducir el daño por viento con barreras ubicadas en forma apropiada. Una barrera bien diseñada o una cortina de árboles puede abatir la pérdida de calor de las estructuras de desarrollo, reducir la desviación del riego por el viento en las áreas abiertas o con mallas, y proporcionar protección contra los efectos de tormentas (fig. 1.3.29A). La zona protegida depende de la altura y localización de la barrera contra el viento, la cual debe colocarse en dirección de los vientos dominantes, y las áreas de producción deberán estar separadas de ésta, a una distancia que varía de 4 a 6 veces la altura de los árboles dominantes en la dirección de incidencia de los vientos. Una mezcla de árboles perennifolios y deciduos es mejor y, el ancho de la barrera debe ser al menos igual a la del área de crecimiento para evitar turbulencias en las orillas. La selección de especies debe ser cuidadosa para que no sean fuente de enfermedades o insectos perjudiciales. Una barrera rompevientos de 3 a 3.6 m (10 pies a 12 pies) de altura puede construirse de listones normalmente utilizados para la protección contra la nieve, o de malla sombra con un porcentaje de porosidad del 50 a 60% (que no es lo mismo que porcentaje de sombra), sostenidas por postes espaciados a 3 m (10 pies) (Roberts *et al.*, 1989).

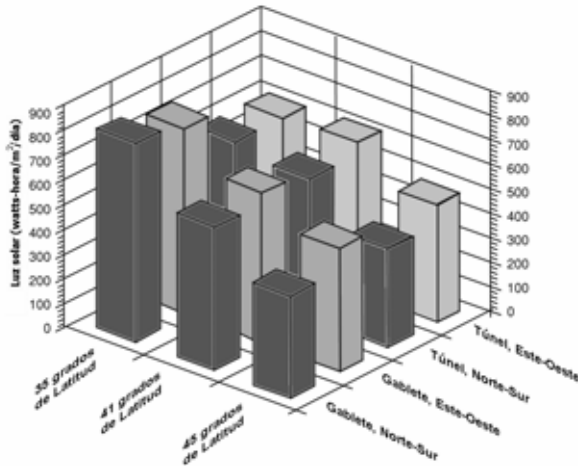
La orientación de las estructuras de propagación, requiere considerar especialmente la ubicación de las áreas de sombra y del equipo de control ambiental. La orientación se refiere a una dirección a lo largo de la parte principal de la estructura. La orientación es muy importante en viveros ubicados en grandes latitudes y con producción en invierno, debido al bajo ángulo de la luz solar y lo corto de los días; en climas de áreas más al norte, hacia la mitad del invierno se recibe cerca de una tercera parte de la luz solar que se puede recibir en verano (Roberts *et al.*, 1989). La mejor orientación es diferente para las estructuras de propagación individuales, que para aquellas que son interconectadas.

Dado que en invierno se crean más sombras internas cuando el sol pasa los extremos de los muros, el eje principal de una estructura simple de propagación debe orientarse de este a oeste en latitudes mayores a 38° (fig. 1.3.35). A latitudes más bajas, la orientación es menos crítica, y se prefiere de norte a sur. Las estructuras interconectadas en cualquier latitud, deben ser orientadas de norte a sur para minimizar la sombra que genera una estructura adyacente (Nelson, 1991). Para la mejor orientación con respecto al sol, debe considerarse el clima local y la topografía. En localidades donde las mañanas tienden a ser más nubladas que las tardes, el eje principal debe ser orientado ligeramente hacia el noroeste. Si por ejemplo, una colina bloquea la luz en las mañanas, la estructura debe orientarse de noroeste a sureste (Husby, 1973). Los pasillos de acceso que conecta una serie de estructuras de propagación, deben ubicarse en el lado norte.

Cuando se está diseñando un vivero, es importante considerar la dirección prevaleciente de los vientos. Éstos son un factor de pérdida de calor en invierno, pero por otro lado, hacen eficiente el enfriamiento en verano. Si normalmente se tiene producción en invierno, entonces la estructura debe ser orientada de tal manera que las paredes de los extremos (que por tener poca superficie pueden ser aisladas fácilmente), queden de frente a la dirección de los vientos predominantes. De esta manera, para lograr un máximo de ventilación la estructura debe ser orientada con las ventilas en la dirección del viento (barlovento), y los ventiladores del lado contrario a la dirección del viento (sotavento) (Boodley, 1981).



**Figura 1.3.34** Los constructores de viveros deberán realizar un croquis del diseño en el sitio para mostrar la ubicación relativa de las diferentes construcciones, además de considerar un espacio adicional para futuras ampliaciones (modificado de Appleton, 1986).



**Figura 1.3.35** Las estructuras de propagación deben ser orientadas para captar la mayor cantidad de luz solar y minimizar la sombra. Una adecuada orientación varía con el tipo de estructura y a diferentes latitudes, debido al cambio estacional del ángulo del sol (modificado de Bartok, 1991c).

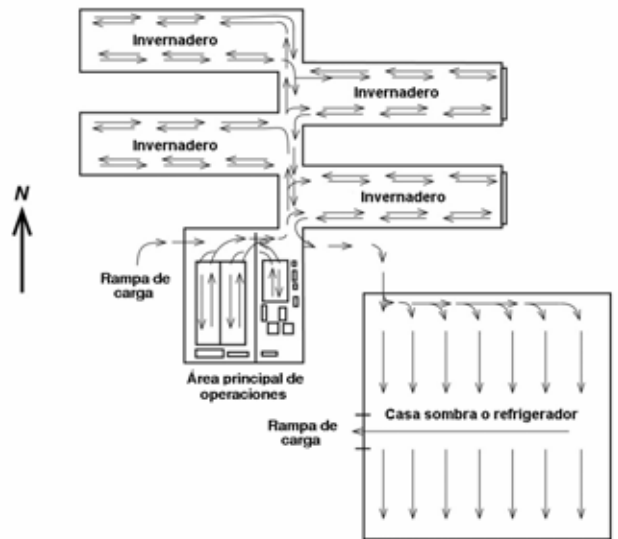
A altas latitudes o elevaciones en donde la acumulación de nieve suele ser un problema, la distancia entre las estructuras de propagación debe ser suficientemente amplia para permitir remover la nieve con tractores u otro equipo. El deslizamiento de nieve de los techos de las estructuras genera acumulaciones que pueden durar semanas o meses.

### 1.3.6.2 Planeación para un fácil acceso y flujo de materiales

El diseño completo del sitio debe permitir un eficiente movimiento de trabajadores, materiales y planta, tanto dentro del vivero como hacia fuera o dentro del mismo. El mejor diseño dependerá del sistema de manejo de contenedores. El vivero en donde todo se maneja con las manos o bandas transportadoras, requerirá distancias muy cortas entre instalaciones, pero si se utilizan montacargas u otros equipos motorizados, se necesitará de mayor espacio para dar vuelta o maniobrar adecuadamente. Es recomendable utilizar un croquis (fig. 1.3.34) a efecto de elaborar diagramas de flujo para cada fase de trabajo (Appleton, 1986). Esto ayudará a encontrar la opción más eficiente. Los diseñadores sin experiencia deben conocer viveros ya establecidos para observar aspectos negativos y positivos de diseño.

El área principal de operaciones debe permitir la accesibilidad a las estructuras de crecimiento y el flujo fácil de trabajadores, materiales y planta (fig. 1.3.36). En instalaciones grandes se recomienda que los pasillos estén revestidos para asegurar el acceso permanente a las áreas de propagación y almacenes. Por otro lado, es importante analizar la

factibilidad económica de instalar rampas de carga, ya que son importantes para la descarga de materiales y la carga de planta. Generalmente es más conveniente tener una rampa en el área principal de operaciones, aunque algunos viveros embarcan la planta directamente de los almacenes. La mayoría de las rampas son de 3.6 m (12 pies) de ancho y 1.2 m (4 pies) de altura para acomodar grandes remolques, aunque las dimensiones dependerán del tipo de camiones a usar. Los caminos permanentes deben tener al menos 7.9 m (26 pies) de ancho y deben soportar un peso superior a 18,144 kg (40,000 libras). Las rampas deben estar diseñadas para un adecuado drenaje y, en climas en donde el hielo se acumula durante el invierno, deben ubicarse en la parte soleada de las instalaciones o estar cubiertas (fig. 1.3.37). Un adecuado diseño de rampas también debe considerar una buena iluminación, un revestimiento adecuado y un sistema para dispersar los gases producidos por la combustión de los automotores (Aldrich y Bartok, 1989).



**Figura 1.3.36** Los viveros que producen en contenedor deberán diseñarse para facilitar el flujo eficiente y seguro del personal, materiales y plantas entre las diferentes construcciones (modificado de Husby, 1973).





**Figura 1.3.37** Las rampas de carga permiten una fácil descarga de los suministros e incrementan la velocidad y seguridad de la carga de planta dentro de los vehículos, aún durante condiciones climáticas adversas.

Un buen diseño de vivero deberá considerar, en todos los sitios seleccionados, tanto las necesidades actuales como las posibilidades futuras de expansión. Muchos diseñadores de viveros cometen errores de diseño cuando toman en cuenta sólo las necesidades presentes. Es importante que el área principal de operaciones y otras instalaciones importantes tengan una ubicación central que facilite una futura expansión, la cual se puede proyectar en el diseño en borrador que se hace del vivero (fig. 1.3.34) (Para mayor información sobre este tema consultar la sección 1.2.2.4).

### 1.3.7 Resumen

El reto del responsable de un vivero es diseñar instalaciones de contenedores en las que se pueda manejar las condiciones ambientales del sitio seleccionado, con la finalidad de obtener una producción de alta calidad en un lapso de tiempo predeterminado. Para esto, es necesario evaluar la potencialidad de los factores ambientales que pueden limitar el desarrollo de la planta y que deben ser controlados, para lo cual se requiere estimar el costo en el que se incurriría. Un adecuado diseño de las instalaciones de un vivero genera el mejor ambiente de propagación y desarrollo al menor costo, para una producción en particular.

Los productores de planta en viveros forestales han utilizado una variedad de estructuras de propagación y desarrollo, pero su principal función es captar la máxima cantidad de luz solar, proteger a la planta de las adversidades del clima y permitir el fácil acceso y manejo de materiales y de la propia planta. El tipo de estructuras dependerá de la disponibilidad de recursos económicos y de la disponibilidad de materiales locales. La decisión de cuántos diferentes ambientes de propagación se necesitan y qué tan grande deberá ser cada uno, dependerá de factores que son únicos para cada vivero. El costo de la planta es un reflejo directo de la eficiencia de los espacios de producción, sobre lo cual los diseñadores deberán poner especial atención. Cualquier espacio que no forma parte de alguna de las etapas de producción incrementa el costo por unidad.

Un vivero exitoso también incluirá un área principal de operaciones, almacenes y oficinas que apoyen el suministro de herramientas, equipos e insumos a los trabajadores. Un vivero de contenedores deberá ser diseñado para maximizar la producción de planta mientras ofrece una operación eficiente; deberá incluir la mejor selección del sitio de instalación y considerará en el diseño las necesidades inmediatas y las posibilidades de futuras expansiones. No existe un vivero "ideal" de contenedores. El mejor diseño dependerá de muchos factores: biológicos, operativos, económicos, de ingeniería y en el caso de viveros de gobierno, consideraciones políticas. A estos factores del sitio se les puede asignar valores de importancia relativa, dándole al constructor un método de selección que produzca un resultado numérico.

### 1.3.8 Literatura Citada

- Aldrich, R. A. 1993. You are entering the building code zone. *Greenhouse Grower* 11(5):71772
- Aldrich, R.A.; Bartok, J.K., Jr. 1989. Greenhouse engineering. Bulletin NRAES-33. Ithaca, NY: Cornell University, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 203 p.
- Appleton, B.L. 1986. Container nursery design. Chicago: American Nurseryman Publishing Company. 122 p.
- Bartok, J.W. Jr. 1993. Personal communication. Storrs, CT: University of Connecticut, Natural Resources Management and Engineering Department.
- Bartok, J.W. Jr. 1992a. Recycling film plastic. In: Proceedings, 1992 International Summer Meeting of the American Society of Agricultural Engineers; 1992 June 21-24; Charlotte, NC. Pap. 92-4031- St Joseph. MI: American Society of Agricultural Engineers. 6 p.
- Bartok, J.W. Jr. 1992b. A headhouse can give your business the space to operate more efficiently. *Greenhouse Manager* 10(9):143.
- Bartok, J.W. Jr. 1992c. Most states are preparing proposals for pesticide, fertilizer containment. *Greenhouse Manager* 10(12):90-91.
- Bartok, J.W. Jr. 1991a. Choosing the right structure. *Greenhouse Grower* 9(6):48-50.
- Bartok, J.W. Jr. 1991b. Figure structure value, depreciation when considering tax assessments. *Greenhouse Manager* 10(3) 130-131.
- Bartok, J.W. Jr. 1991c. Several techniques can counter decreasing winter greenhouse light. *Greenhouse Manager*. 10(7) :92-93.
- Bartok, J.W. Jr. 1990a. The basics of air inflation. *Greenhouse Manager* 9(6):133-134.
- Bartok, J.W. Jr. 1990b. Shading; it's simple. *Greenhouse Manager* 9(2): 121-122.
- Bartsch, J.A.; Blanpied, G.D. 1990. Refrigeration and controlled atmosphere storage for horticultural crops. Publ. NRAES-22. Ithaca, NY: Cornell University, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 44p.
- Boodley, J.W. 1981. The commercial greenhouse. Albany, NY: Delmar Publishers. 568 p.
- Cyro Canada, Inc. 1991. Technical Bulletin DSS 7.1. Mississauga, ON.
- Dumroese, R.K.; Page-Dumroese, D.S.; Wenny, D.L. 1992. Managing pesticide and fertilizer leaching and runoff in a container nursery. In: Landis, T.D., tech. coord. Proceedings, Intermountain Forest Nursery Association; 1991 August 12-16; Park City, UT. Gen. Tech. Rep. RM-211. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 1-15.
- Dwinell, S.E. 1992. Federal laws affecting the design and management of pesticide mixing and loading facilities. In: Proceedings , National Symposium on Pesticide and Fertilizer Containment: Design and Management. Publ. MSWPS-C1. Ames, IA: Iowa State University. Midwest Plan Service. 160 p.
- Garzoli, K. 1988. Greenhouses Canberra, Australia: Australian Government Publishing Service. 185 p.
- George, D.L. Sr. 1993. Personal communications. Renton, WA: Sharp and Sons, Inc.
- Giacomelli, G.A.; Roberts, W.J. 1993. Greenhouse covering systems. *HortTechnology* 3(1): 50-58.
- Gray, H.E. 1992. Greenhouse glazing uncovered. *Greenhouse Grower* 10(8): 54-56-57.
- Hahn, P.F. 1982. Practical guidelines for developing containerized nursery programs. In: Guldin, R.W.; Barnett, J.P., eds. Proceedings of the Southern Containerized Forest Tree Seedlings Conference; 1981 August 25-27; Savannah, GA. Gen. Tech. Rep. SO-37. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 97-100.
- Hanan, J.J.; Holley, W.D.; Goldsberry, K.L. 1978. *Greenhouse Management*. New York: Springer Verlag. 530 p.
- Hardenburg, R.E.; Watada, A.E. ; Wang, C.Y. 1986. The commercial storage of fruits, vegetables, florist and nursery stock. Agric. Handbk. 66. Washington, DC: USDA Agricultural Research Service. 130 p.
- Hummert P. 1993. Personal communication and sales catalog. St. Louis, MO: Hummert International. 448 p.
- Husby, K. 1973. A tree seedling greenhouse: design and costs. Rep. ED&T 23-40. Missoula, MT: USDA Forest Service, Missoula Technology Development Center. 77 p.
- Jozwik, F. X. 1992. The greenhouse and nursery handbook. Mills, WY: Andmar Press. 511 p.

- Kammel, D.W.; Noyes R.T.; Riskowsky G.L. Hofman, V. L. 1991. Designing facilities for pesticide and fertilizer containment. Publ. MWPS-37. Ames, IA: Iowa State University, MidWest Plan Service. 116 p.
- Landis, T.D.; Campbell, S.J.; Zensen, F., 1992. Agricultural pollution of surface and groundwater in forest nurseries. In: Landis, T.D., tech. coord. Proceedings, Intermountain Forest Nursery Association; 1991. August 12-16; Park City, UT. Gen. Tech. Rep. RM-211. Ft. Collins CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 1-15.
- Langhans, R.W. 1980. Greenhouse management. Ithaca, NY: Halcyon Press. 270 p.
- Lieberth, J.A. 1991. A film that inhibits *Botrytis*. *Greenhouse Grower* 9(4): 74,76.
- McDonald, S.E. 1982. Fully-controlled or semi-controlled environment greenhouses – which is best? In: Guldin, R.W.; Barnett J.P., eds. Proceedings, Southern Containerized Forest Tree Seedlings Conference. 1981. August 25-27; Savannah, GA. Gen Tech. Rep. SO-37. New Orleans USDA Forest Service Southern Forest Experiment Station: 81-85. MidWest Plan Service. 1992. Proceedings National Symposium on Pesticide and Fertilizer Containment. Design and Management. Publ. MWPS-C1. Ames, IA. Iowa State University. 116 p.
- MidWest Plan Service. 1993. Structures and environment handbook, 11th ed. Publ. MWPS-1. Ames, IA. Iowa State University.
- Neal, K. 1992. Screen pests out, reduce chemical use. *Greenhouse Manager* 10(12): 54-55.
- Nelson, P. V. 1991. *Greenhouse Operation and Management*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 612 p.
- Odum, E. P. 1971. *Fundamental of ecology*, 3rd ed. Philadelphia: W.B. Saunders Company. 574 p.
- Paterson, J. M. 1991. Field performance of black spruce container stock: 1. Comparison of two growing environments and four container types - second-year field results from 1989 outplanting. Forest Research Report 127. Sault Ste. Marie ON: Ontario Forest Research Institute. 10 p.
- Paterson, M. J.; Sutherland, J. R: 1990. Controlling gray mold on container-ground Douglas-Fir by modified Styroblocks and under-bench, forced air ventilation. *Western Journal of Applied Forestry*. 5(3): 75-79.
- Regan, R. 1993. Personal communication. Aurora, OR: Oregon State University. Extension Service.
- Reilly, A. 1992. New developments in greenhouse structures and equipment: 1. Structures and coverings. *Foliage Digest* 15(1): 1-3. [As cited in: Giacomelli, G.A.; Roberts, W.J. 1993. Greenhouse covering systems. *HortTechnology* 3 (1): 50-58].
- Roberts, W.J.; Bartok, J.W., Jr.; Fabian, E. E.; Simpkins J., 1989. Energy conservations for commercial greenhouses. Publ. NRAES-3. Ithaca, NY: Cornell University, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 42 p.
- Skimina, C.A: 1992. Recycling water, nutrients and waste in the nursery industry. *HortScience* 27 (9): 968-971.
- Vakalounakis, D.J. 1992. Control of fungal diseases of greenhouse tomatounder long-wave infrared-absorbing plastic film. *Plant Disease* 76(1): 43-46.
- Walker, J.N.; Duncan, G.A. 1974. Greenhouse location and orientation. Publ. AFN-32. Lexington, KY: University of Kentucky, Department of Agricultural Engineering.
- Voyebregt, R. 1993. Personal communication. Brantford, ON: Cravo Equipment Ltd.
- Wenny, D.L. 1993. Personal communication. Moscow ID: University of Idaho, Forest Research Nursery.
- Whitcomb, C.E. 1988. *Plan production in containers*. Stillwater OK: Lacebark Publications. 633 p.