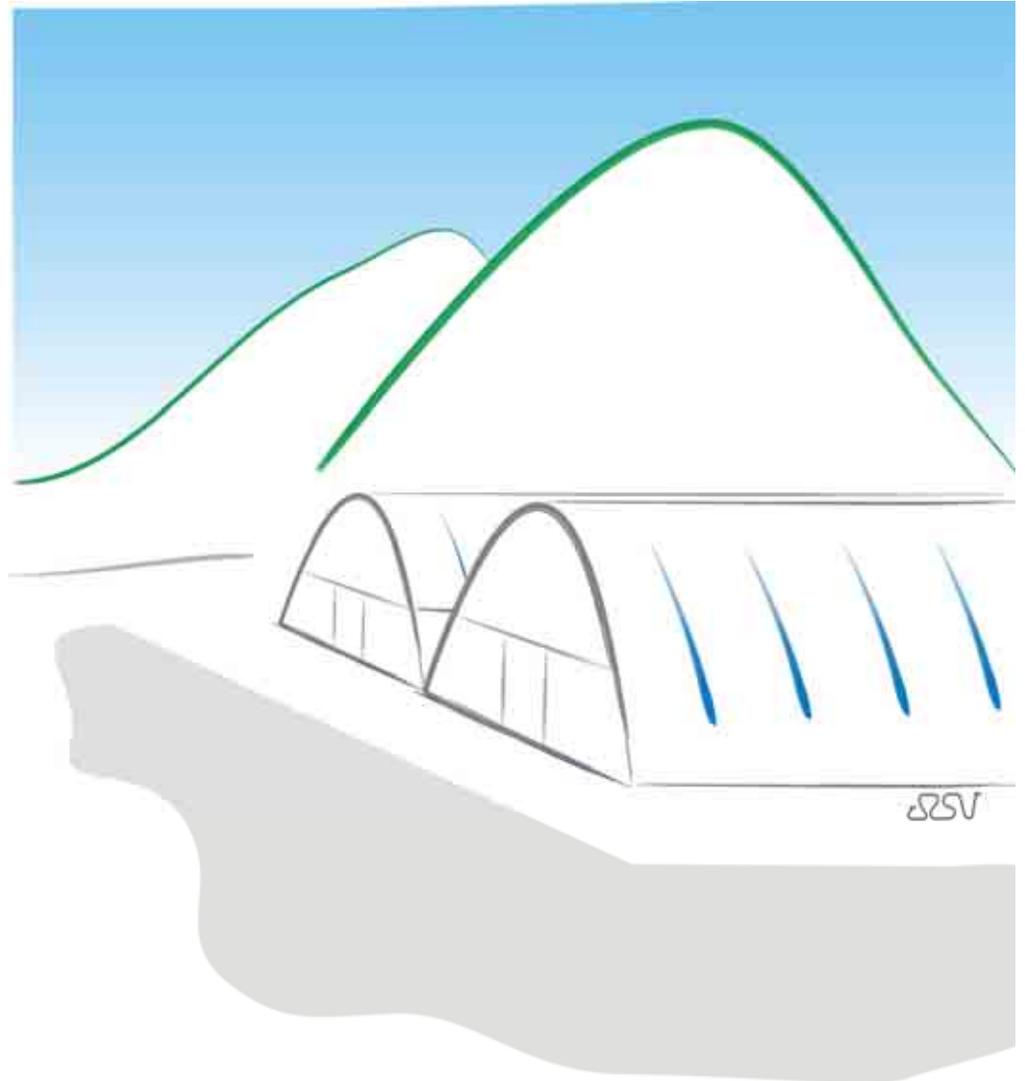




MANUAL DE VIVEROS PARA LA PRODUCCIÓN DE ESPECIES FORESTALES EN CONTENEDOR • VOLUMEN UNO

PLANEACIÓN, ESTABLECIMIENTO Y MANEJO DEL VIVERO



Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Servicio Forestal

Comisión Nacional Forestal

Manual Agrícola 674

Gerencia del Programa Nacional de Reforestación

Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor



- Volumen Uno Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero (1995)**
- Volumen Dos Contenedores y Medios de Crecimiento (1990)**
- Volumen Tres Condiciones Ambientales del Vivero (1992)**
- Volumen Cuatro Fertilización y Riego (1989)**
- Volumen Cinco El Componente Biológico: Plagas, Enfermedades y Micorrizas en el Vivero (1990)**
- Volumen Seis Propagación de Plantas**
- Volumen Siete Preparación de la Planta, Almacenamiento y Plantación**



Landis, T.D.; Tinus, R.W.; McDonald, S.E.; Barnett, J.P. 1994. Nursery Planning, Development, and Management, Vol. 1, The Container Tree Nursery Manual. Agric. Handbk. 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 188 p.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Servicio Forestal

Manual Agrícola 674

Publicación en Inglés: mayo de 1995

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales

Comisión Nacional Forestal

Gerencia del Programa Nacional de Reforestación (PRONARE)

Publicación en Español: Enero de 2004



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Uno

Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero



COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

Thomas D. Landis, Especialista Nacional en Viveros. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Portland, Óregon, E.U.A.

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

Stephen E. McDonald, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio Forestal, Director de Programas. Estación Experimental del Pacífico Noroeste, Portland, Óregon, E.U.A.

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

Rebecca G. Nisley, Editor, Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal, Estación Experimental Forestal del Noreste, Hamden, Connecticut, E.U.A.



Equipo de traducción, verificación de terminología técnica, edición, corrección de estilo, revisión final y formación de archivos electrónicos: Dante A. Rodríguez Trejo, J. Ricardo Sánchez Velázquez, Rebeca Aldana Barajas y Mauricio Mendoza Briseño. Traducción Libre del Inglés al Español.

¡PRECAUCIÓN: PLAGUICIDAS !

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

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



In Memoriam

Esta publicación en español es dedicada a la Memoria del Dr. Richard W. Tinus

Breve Biografía:

El Dr. Tinus falleció el 3 de Julio del 2001 en Flagstaff, Arizona (EUA) después de perder la batalla contra el cáncer.

Inició su carrera como Fisiólogo en el Servicio de Investigación Agrícola del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), en Cheyenne, Wyoming, después de haber terminado sus estudios en las Universidades de Wesleyan, Duke y Berkeley, en California.



En 1968 se integró al Servicio Forestal de los Estados Unidos (USDA-FS) en la Estación Experimental de las Montañas Rocosas en Dakota del Norte. Llegó a ser un experto internacional en la producción de planta forestal producida en viveros bajo el sistema de contenedor. Fue coautor de la publicación “Como Producir Planta Forestal en Contenedor, bajo Invernadero” la cual llegó a ser una guía mundial para producir plantas forestales en este sistema.

En 1982 fue transferido a la Estación de las Montañas Rocosas en Flagstaff, Arizona, para liderar un proyecto de investigación sobre el estrés fisiológico producido por el frío, calor e insectos, en especies forestales del suroeste de los Estados Unidos. Durante 11 años continuo como el líder del proyecto, tiempo en el cual diseño y desarrollo equipo e invernaderos en el Complejo de Invernaderos de la Estación Experimental en Flagstaff, Arizona.

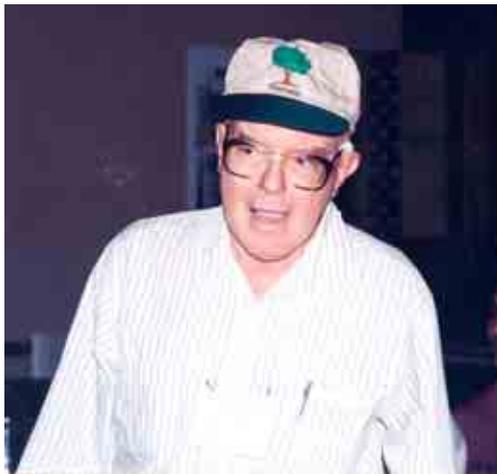
De 1993 a 1996 ejerció el puesto de Fisiólogo Forestal e Investigador para la producción de planta en el USDA-FS, en coordinación con otros investigadores de Nueva Zelanda e Israel. De 1996 al 2001 se desempeñó como Consultor Nacional de Viveros y participó como ponente en reuniones y talleres nacionales e internacionales.

Durante sus 36 años como Servidor Público desempeñó diferentes roles: Presidente de la Unión Internacional de las Organizaciones de Investigación Forestal, y Presidente del Consejo Forestal Agrícola de los Grandes Llanos. Adicionalmente apoyó a diferentes áreas en Washington para supervisar los viveros del USDA-FS. Fue invitado a compartir su experiencia en muchos países alrededor del mundo. Durante su desarrollo profesional publicó más de 140 investigaciones, artículos, memorias y reportes técnicos.

El establecimiento del Centro Virtual de Reforestación, Viveros y Recursos Genéticos será un tributo al Dr. Tinus y su dedicación a los trabajos de reforestación y desarrollo tecnológico.

Junto con el Dr. Thomas D. Landis, es coautor del presente manual “**Manual de Viveros para la Producción de Especies en Contenedor**”.

Le sobreviven su esposa Arline y sus dos hijos, Craig y Eric Tinus.



El Dr. Richard W. Tinus portando la gorra del Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) de México, durante una Reunión Internacional de Viveristas celebrada en Hawai, EUA, en Agosto del 2000.

Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Uno Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero

Índice

	Pág.
Introducción	1
Capítulo 1 – Planeación Inicial y Estudio de Factibilidad	3
1.1.1 Introducción	5
1.1.2 Fuentes para el Abastecimiento de Planta	13
1.1.3 Evaluación del Mercado Actual de Plantas	17
1.1.4 Estimación de los Costos de Producción	19
1.1.5 Estudio de Factibilidad y Tácticas para el Establecimiento	23
1.1.6 Resumen	24
1.1.7 Literatura Citada	25
Capítulo 2 – Selección del Sitio	27
1.2.1 Introducción	29
1.2.2 Criterios Básicos para la Selección	30
1.2.3 Criterios Secundarios para la Selección	41
1.2.4 Evaluación de Sitios Alternos	44
1.2.5 Resumen	45
1.2.6 Literatura Citada	46
Capítulo 3 – Diseño del Vivero e Instalaciones para el Cultivo	49
1.3.1 Introducción	52
1.3.2 Tipos de Estructuras para la Propagación	55
1.3.3 Selección de la Estructura de Propagación	61
1.3.4 Diseño de la Estructura para la Propagación	76
1.3.5 Construcciones de Servicio	85
1.3.6 Diseño y Orientación	94
1.3.7 Resumen	98
1.3.8 Literatura Citada	99

	Pág.
Capítulo 4 – Control del Ambiente y Equipo para la Producción	101
1.4.1 Introducción	104
1.4.2 Controles Ambientales e Instrumentación	105
1.4.3 Camas y Soportes para Contenedores	121
1.4.4 Equipo para el Manejo de Materiales y Plantas	127
1.4.5 Equipo para la Producción de Plantas e Insumos	131
1.4.6 Equipo para la Cosecha	149
1.4.7 Resumen	152
1.4.8 Literatura Citada	153
Capítulo 5 – Manejo del Vivero	155
1.5.1 Introducción	157
1.5.2 Organización	158
1.5.3 Personal y Supervisión	159
1.5.4 Toma de Datos y Análisis	163
1.5.5 Resolviendo Problemas del Vivero	171
1.5.6 Relación con los Clientes	189
1.5.7 Resumen	190
1.5.8 Referencias	191

Prólogo

A finales del año 2000 y con el apoyo incondicional del equipo PRONARE (aun dependiendo en forma directa de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-SEMARNAT), fue posible realizar la traducción e impresión de dos volúmenes del presente manual (2: Contenedores y Medios de Crecimiento y 4: Riego y Fertilización). Actualmente, gracias al convencimiento del personal técnico involucrado en el proyecto sobre la importancia que representa este tipo de información, para el mejoramiento de los procesos en la producción de planta de calidad, ha sido posible continuar con esta ambiciosa tarea.

La traducción a decir de los hechos resultó ser todo un éxito, tanto en nuestro país, donde los manuales fueron distribuidos a todo el personal técnico del PRONARE en las 32 entidades federativas y de algunos gobiernos estatales, como en algunos países latinoamericanos, de donde nos fueron solicitados los manuales traducidos al español. Entre ellos se destacan peticiones de Chile, Argentina, España, Guatemala e incluso, algunos volúmenes fueron adquiridos de los mismos Estados Unidos para atender el sur de ese país, donde el habla hispana es un tanto más común. Adicionalmente y dada la creciente necesidad de contar con esta información, se decidió incluir en el sitio de la CONAFOR (www.conafor.gob.mx), los mismos documentos en formato PDF, a fin de proveer un canal adicional para la disposición de los manuales, hacia todos aquellos interesados en contar con esta información técnica.

Actualmente el PRONARE es uno de los programas más importantes de la CONAFOR. Desde esta "trincheras" hemos mantenido el impulso en este proyecto y, gracias al invaluable apoyo constante y desinteresado del Dr. Landis y George Hernández (ambos del Servicio Forestal Estadounidense), así como de Raúl Hernández (Microseed-EEUU), Rebeca Aldana, Mauricio Mendoza y Dante A. Rodríguez Trejo (especialistas forestales mexicanos), ha sido posible la conclusión de otros dos volúmenes de esta serie: **Volumen 1:** Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero y **Volumen 5:** El Componente Biológico: Plagas, Enfermedades y Micorrizas.

Estas dos publicaciones adicionales permitirán reforzar e incrementar los conocimientos técnicos de los viveristas, en apartados tanto de planeación como en el manejo de plagas, enfermedades y micorrizas. En específico, estos últimos temas son un apartado de fuerte relevancia, ya que es necesario fortalecer los conocimientos que

permitan establecer programas que permitan un Manejo Integrado de Plagas (MIP), así como la puesta en marcha de esquemas para la inoculación micorrízica en los viveros. Ambas acciones son un apartado que requiere de cierto nivel de entrenamiento y capacitación, por lo cual, los conocimientos aquí establecidos son básicos para la producción de planta de calidad.

Ambos manuales vendrán a complementar fuertemente a los ya existentes, y servirán como elemento de transferencia tecnológica, ya que en estos momentos más del 50% de la producción de planta que se realiza en nuestro país, es mediante el sistema de producción en contenedor, ya sea mediante bloques de poliestireno expandido o de plástico rígido, ambos en una gran variedad de dimensiones.

Dado que esta tendencia se mantendrá en los siguientes años, estamos convencidos que este tipo de publicaciones serán de gran ayuda a todos aquellos que están involucrados con el proceso de producción de planta forestal de calidad, dirigida hacia los programas de forestación o reforestación, sean estos con fines de restauración y conservación, o de plantaciones comerciales.

Gracias a este esfuerzo sólo quedará por traducir dos volúmenes más para concluir los seis volúmenes disponibles en inglés, y estaremos en espera de que el Dr. Landis concluya el séptimo para buscar los medios y recursos que nos permitan contar con toda la serie traducida al español.

J. RICARDO SÁNCHEZ VELÁZQUEZ

Agradecimientos

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

Especial agradecimiento a:

- El **Servicio Forestal** del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. (**USDA-FS**).
- **Tom Landis** por su invaluable apoyo al proporcionar la autorización como parte del **USDA-FS** para la traducción, como autor principal del Manual y, por proveer los archivos originales de las fotografías y gráficos. Asimismo, se reconoce su entusiasta participación en las actividades de viveros y reforestación en nuestro país, desde el año de 1993 a la fecha.
- **Raúl Moreno**, por su invaluable participación y apoyo altruista al proyecto.
- **Oscar Estrada Murrieta** por su compromiso para lograr obtener los recursos económicos para la edición del manual, a cargo de la Comisión Nacional Forestal.
- **J. Ricardo Sánchez Velázquez, Rebeca Aldana Barajas, Mauricio Mendoza Briseño y Dante Arturo Rodríguez Trejo** por su apoyo y participación como equipo de traducción, revisión de terminología técnica, corrección de estilo y formación de archivos magnéticos.
- **Jaime Villa Castillo**, por su fuerte apoyo para contar con los medios para concluir el proyecto de traducción.
- **Todos los técnicos que son y han sido parte del PRONARE** en todo el país a lo largo de su corta historia, con cuyo esfuerzo no hubiera sido posible contar con los logros que el Programa tiene hasta la fecha.

Prefacio

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

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

En 1982, se hicieron planes para escribir un nuevo manual fundamentado en la obra referida, pero agregando varios capítulos nuevos. El equipo de autores se integró con Thomas D. Landis, Richard W. Tinus, Stephen E. McDonald, y James P. Barnett, con la asistencia de Rebecca G. Nisley en la edición. Otros especialistas fueron invitados como autores para la inclusión de capítulos específicos, cuyas contribuciones han sido reconocidas en el título del capítulo correspondiente.

Considerando que el manejo de viveros que emplean contenedores ha cambiado considerablemente durante la última década, el equipo de trabajo realizó durante 1984 una encuesta en Estados Unidos de América y Canadá acerca de las prácticas de esta índole. Para obtener información adicional para el volumen tres sobre cómo regular el ambiente del vivero, nuevamente en los inicios de 1991 se volvió a encuestar a los viveros. Tal información ayudó a determinar las prioridades y el énfasis de la escritura del trabajo, la cual a su vez ha sido utilizada para complementar información previamente publicada.

El presente manual consta de siete volúmenes. Estos han sido publicados en el mismo orden en que han sido escritos, todos bajo el mismo número de publicación – El Manual Agrícola 674 del Departamento de Agricultura de los EE.UU. Cada volumen contiene capítulos acerca de temas concernientes a la producción de plantas de especies forestales en contenedor. Los volúmenes pueden ser acopiados y utilizados como un manual completo de viveros, o pueden ser usados en forma separada por especialistas y usuarios que

requieren información sobre un tema en particular. Debido a que varios temas son discutidos en más de un volumen, existe alguna redundancia en el manual. No obstante, tal repetición está justificada, ya que muchos lectores usarán el manual como referencia técnica y no leerán la obra en su totalidad.

Ha sido organizado siguiendo una secuencia lógica y funcional: establecimiento del vivero; propagación de la planta y plantación. En el volumen uno se discuten las diferentes etapas que se deben seguir para el establecimiento del vivero. En el volumen dos se aborda la selección de los tipos de contenedores y medios de crecimiento. En el volumen tres y cuatro se analizan los "factores limitantes" que afectan el crecimiento de la planta, y la forma en como pueden ser manipulados en los viveros que producen en contenedor. En el volumen cinco se analizan los diferentes organismos biológicos que afectan a las plantas en forma negativa como las plagas y enfermedades o, en forma positiva, como las micorrizas. En el volumen seis (aun no terminado) se mostrará como desarrollar un programa de crecimiento y como las plantas se propagan durante las tres fases de crecimiento. En el volumen siete (también por terminar) se discutirá sobre la preparación de las plantas producidas en contenedor, su manejo y almacenamiento, tanto en el vivero como en el sitio de plantación.

Este manual está estructurado con base en un breve resumen de contenido, con los títulos organizados y numerados, lo que facilita al lector la rápida localización de un tema sin necesidad de acudir al índice. El índice general de volúmenes y títulos de capítulos está organizado de la siguiente forma:

Volumen Uno Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero

- Capítulo 1 Planeación Inicial y Estudio de Factibilidad
- Capítulo 2 Selección del Sitio
- Capítulo 3 Diseño del Vivero e Instalaciones para el Cultivo
- Capítulo 4 Control del Ambiente y Equipo para la Producción
- Capítulo 5 Manejo del Vivero

Volumen Dos Contenedores y Medios de Crecimiento

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

Volumen Tres Condiciones Ambientales del Vivero

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

Volumen Cuatro Fertilización y Riego

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

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

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

Volumen Seis Propagación de Plantas

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

Volumen Siete Preparación de la Planta, Almacenamiento y Plantación

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

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

En el manual se refieren nombres de productos comerciales, pero sólo como ejemplos, y no se pretende la recomendación de productos específicos, o la exclusión de otros igualmente

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

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

Reconocimientos

Muchas personas apoyaron la escritura de este manual. La revisión técnica de tan voluminosa publicación involucra un trabajo considerable, de modo que los autores están agradecidos en extremo por la revisión de las versiones preliminares del volumen uno, hecha por los siguientes profesionales especialistas en viveros: Marvin Strachan, Servicio Forestal del Estado de Colorado, Fort Collins, CO; Joe Myers, Servicio Forestal Estadounidense, Departamento de Agricultura, Coeur d'Alene, ID; Richard Schaefer, Corporación Potlatch, Lewiston, ID; Ron Hallet y Stewart Cameron, Servicio Forestal Canadiense, Fredericton, NB, Canadá, por la revisión de la versión preliminar. Sus observaciones y sugerencias fueron invaluable.

Adicionalmente, los siguientes especialistas en viveros proporcionaron revisiones significativas de capítulos específicos de este volumen:

Capítulo 1 Planeación Inicial y Estudio de Factibilidad

Capítulo 2 Selección del Sitio

- Joe Myers, Servicio Forestal de los Estados Unidos, Departamento de Agricultura, Vivero Coeur d'Alene, Coeur d'Alene, ID.

- Phil Hahn, Corporación Georgia Pacific, Cottage Grove, OR.
- Glenn Matthews, Árboles Plus Matthews, Duncan, BC, Canadá.

Capítulo 3 Diseño del Vivero e Instalaciones para el Cultivo

- John W. Bartok, Jr., Universidad de Connecticut, Departamento de Manejo de Recursos e Ingeniería, Storrs, CT.
- Eric van Steenis, Ministerio de Bosques de la Columbia Británica, Surrey, BC, Canadá
- David L. George, Shaerp e hijos, Renton, WA Steve Stock, Steve Stock y Asociados, Westminster, CO.

Capítulo 4 Control del Ambiente y Equipo para la Producción

- John W. Bartok, Jr.
- Jim Reid, Industrias Inno-Tec, Thunder Bay, ON, Canadá.
- Alec MacKenzie, Empresa Sistemas de Control Argus, White Rock, BC, Canadá.
- George Dean, Sistemas de Control Wadsworth, Arvada, CO.

Capítulo 5 Manejo del Vivero

- Raúl Moreno, Vivero Microseed, Ridgefield, WA.
- Dave Wenny, Vivero de Investigaciones Forestales, Universidad de Idaho, Moscow, ID.
- Fred Zensen, Servicio Forestal Estadounidense, Departamento de Agricultura, Manejo Forestal, Portland, OR.



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Uno

Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero

Introducción

Introducción

En este primer volumen del Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor, se provee una guía e información de cómo iniciar el proceso para el establecimiento de un vivero. ¿Cómo construir un vivero desde los cimientos hasta su equipamiento?, ¿Cuáles son los procesos involucrados en el crecimiento de especies forestales producidas en contenedor?, ¿Cómo se debe manejar el proceso y al personal?

Así que usted quiere construir un vivero. ¿Realmente requiere producir sus propias plantas?, ¿No sería mejor comprar la planta con alguien más?. En el **capítulo 1**, se analizan algunos conceptos básicos y terminología utilizada en los viveros forestales, y aquellos relacionados con la disponibilidad de planta para la reforestación.

¡De acuerdo! Usted ha decidido que va a iniciar la instalación de un vivero. Ahora, ¿Dónde lo va a establecer?. En el **capítulo 2** se comentan las consideraciones y los factores para la selección del sitio.

Ya que ha encontrado un buen sitio, está listo para planear su vivero. En el **capítulo 3** se presenta parte de la terminología del diseño estructural para que el diseñador del vivero pueda dialogar inteligentemente con los contratistas y proveedores. Además se presenta, a groso modo, una estimación de costos por tipos de estructuras, referencias de constructores como fuentes viables de información técnica, y se analizan consideraciones del diseño del vivero en el sitio.

Usted cuenta con el diseño básico del vivero y requiere seleccionar el equipo y suministros para lograr el inicio de su primer cultivo. En el **capítulo 4** se presentan algunos de los conceptos básicos y terminología sobre el control ambiental y el equipo para la producción de planta, para que pueda establecer buena comunicación con los distribuidores. Posteriormente se presentan estimaciones de costos para este tipo de equipo, así como referencias de los constructores como otra fuente confiable de información técnica.

Ahora ha construido el vivero e instalado el equipo. ¿Cómo manejará al personal y el proceso de producción?. En el **capítulo 5** se presentan algunos conceptos básicos para el manejo y operación de un vivero, especialmente lo que lo hace diferente a otro tipo de negocios. De la misma forma se comentan algunos problemas que pueden surgir en los dos primeros años y se proporcionan algunos consejos para su solución.



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Uno

Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero

Capítulo 1

Planeación Inicial y Estudio de Factibilidad

Contenido

	Página
1.1.1 Introducción	5
1.1.1.1 Terminología	5
Planta	5
Vivero	10
1.1.1.2 La calidad de la planta es determinada por su desempeño en campo	10
Especificaciones morfológicas	11
El efecto del vivero	11
1.1.2 Fuentes de Abastecimiento de Planta	13
1.1.2.1 Compra de planta	13
Compra de planta en el mercado especulativo	13
Producción bajo contrato	14
1.1.2.2 Estableciendo su propio vivero	14
Viveros a raíz desnuda	14
Viveros en contenedor	14
Eligiendo la mejor alternativa	14
1.1.3 Evaluación del Mercado Actual de Plantas	17
1.1.3.1 Demanda	17
1.1.3.2 Competencia	17
1.1.3.3 Precio	17
1.1.4 Estimación de los Costos de Producción	19
1.1.4.1 Requerimientos para un sistema de producción en contenedor	19
1.1.4.2 Influencia del tamaño del vivero y la utilización del espacio	20
1.1.4.3 Energía y consideraciones de transporte	21
1.1.4.4 Equilibrio entre mano de obra y equipamiento	21
1.1.5 Estudio de Factibilidad y Tácticas para el Establecimiento	23
1.1.6 Resumen	24
1.1.7 Literatura Citada	25

1.1.1 Introducción

El presente capítulo fue escrito para todos aquellos que están pensando iniciar el establecimiento de un vivero forestal. Este material introductorio puede ser también de gran utilidad para los forestales y especialistas en recursos naturales, que utilizan o trabajan con especies vegetales. Tanto los constructores de viveros como los usuarios de planta forestal, necesitan entender los conceptos básicos y la terminología sobre viveros. Los diseñadores de viveros deberán analizar cuidadosamente qué es más recomendable, si el establecimiento de un vivero o, simplemente, comprar la planta a alguien más. Si la decisión es la construcción de un nuevo vivero, entonces se vuelve necesario evaluar el mercado actual, hacer algunas estimaciones de los costos de producción y realizar un análisis sistemático.

1.1.1.1 Terminología

Tanto los diseñadores de viveros como los usuarios de planta forestal deberán estar familiarizados con la terminología de viveros. Una gran cantidad de estos términos han sido tomados de la horticultura, pero otros se han desarrollado dentro de la industria de los viveros forestales.

Plántula. Una plántula es un individuo que ha sido desarrollado a partir de una semilla. Sin embargo, el término es comúnmente utilizado en forma relajada, cuando se hace referencia a otros tipos de productos del mismo vivero, como son los trasplantes, las estacas enraizadas e incluso “los callos” (los cuales son producidos a través de micropropagación).

Tipo de producción. Las especies forestales, tradicionalmente han sido divididas en dos diferentes tipos de producción – plántulas a raíz desnuda y plántulas en contenedor – lo que describe cómo fueron producidas. La **producción a raíz desnuda** es obtenida de suelos naturales, a campo abierto (fig. 1.1.1A) y las plantas son removidas del suelo durante la cosecha (fig 1.1.1B). La **producción en contenedor** se cultiva en sustrato artificial (fig. 1.1.2A), bajo condiciones ambientales controladas, como es un invernadero, donde los factores limitativos pueden ser manipulados (fig. 1.1.2B). Debido a que el volumen del sustrato es relativamente pequeño, las raíces se aglutinan en el sustrato, conformando un **cepellón** uniforme al momento de ser cultivada (fig. 1.1.2C). Aunque las plántulas son comúnmente llamadas “plantas en contenedor”, “plantas cultivadas en contenedor” o “plantas con cepellón”,

aquí se hará referencia al término **planta en contenedor** debido a que es simple y definitivo.



A



B

Figura 1.1.1 Las plantas producidas a raíz desnuda son cultivadas en camas de suelo natural a cielo abierto, y están expuestas a las condiciones ambientales locales (A). Después de la cosecha, éstas son almacenadas y empacadas para su plantación, removiendo el suelo alrededor del sistema radical (B).

Otro tipo de sistema de producción es el **trasplante**, que es una planta que ha sido removida de la cama de crecimiento, o del contenedor, y es replantada en otro sitio para continuar su crecimiento. Tradicionalmente, la mayoría de este tipo de producción han sido plantas producidas a raíz desnuda que se han cultivadas por uno o dos años, y han sido replantadas en una cama para trasplantes a efecto de continuar con su crecimiento durante uno o dos años más. Los trasplantes producen mayores diámetro de tallo y crecimiento radical, comparados con las plantas producidas en contenedor, y aunque son más costosos, los trasplantes son utilizados en sitios de plantación difíciles, especialmente cuando la competencia con otras especies es un problema. Los **trasplantes en contenedor** (fig. 1.1.2D) son una reciente innovación, en la cual las plantas producidas en contenedor son replantadas en camas a raíz desnuda para un periodo adicional de crecimiento (Hahn,1984). Los **minicepellones** se desarrollan en contenedores de volúmenes muy pequeños y son cultivados específicamente para trasplantarse (Hahn,1990). Aunque éstos son comúnmente trasplantados dentro de camas a raíz desnuda, los minicepellones pueden ser fácilmente trasplantados en contenedores de mayor volumen



A



B



C

Figura 1.1.2 Las plantas en contenedor son cultivadas en un volumen relativamente pequeño de sustrato artificial (A), en un ambiente de propagación diseñado para minimizar los factores que son potencialmente limitantes para el desarrollo de la planta (B). Al final del cultivo, las plantas en contenedor son cosechadas con el sistema radical y sustrato formando un “cepellón” (C). Las plantas Cepellón + 1 son desarrolladas inicialmente en un contenedor pequeño, para posteriormente ser trasplantadas en camas a raíz desnuda en vivero, para mantener su crecimiento durante una temporada más (D).



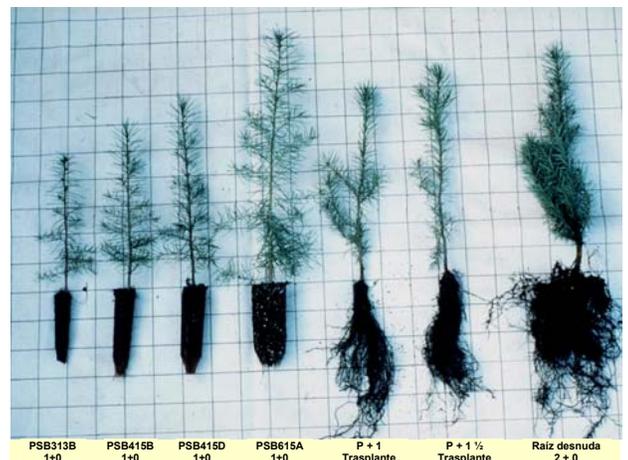
D

El nombre del **tipo de producción** es un método fácil y una forma rápida para describir la morfología de la planta (Scagel et al., 1993). Históricamente, se ha usado una designación numérica para describir tanto plántulas como trasplantes. El primer número corresponde al número de años en la cama de crecimiento o en el contenedor desde su siembra, y el segundo número se refiere al número de años en la nueva cama de crecimiento o en otro contenedor, una vez trasplantada. Las plantas a raíz desnuda son producidas generalmente en uno a tres años (1+0 a 3+0) y los trasplantes (por ejemplo, 1+1 o 2+1) pueden variar en forma considerable, dependiendo de las especies, condiciones climáticas y del mismo sistema de producción. La suma de estos dos números nos da el número de años requeridos para producir una especie bajo un determinado tipo de producción.

No existe una nomenclatura estándar para describir la producción en contenedor. Debido a que una gran cantidad de árboles producidos en contenedor son desarrollados en una estación de crecimiento, o incluso menos, este tipo de producción generalmente es definido por el tipo y volumen de los mismos contenedores. Por ejemplo, un “Styro 4” se refiere a plantas que están en un contenedor de poliestireno expandido (Styrofoam® block), con cavidades cuyo volumen aproximado es de 65 cm³ (4 pulgadas cúbicas). Otras regiones usan diferente terminología. En la Columbia Británica (Canadá), algunos tipos de producción en contenedor son cultivados en un periodo mayor a un año, por lo cual sus nombres incluyen el tipo y tamaño del contenedor y la longitud del periodo de crecimiento. Por ejemplo, una planta PSB 313B 1+0 fue cultivada por un año en un contenedor de bloque de poliestireno cuyas cavidades tienen 3 cm de ancho (1.2 pulgadas) y 13 cm de profundidad (5.1 pulgadas) (Scagel et al., 1993). Para el caso de los trasplantes en

contenedor, se describen por el número de años en el vivero a raíz desnuda, por ejemplo, un trasplante de cepellón más uno (P+1).

Los consumidores de planta forestal producida en contenedor deben darse cuenta de que cuando ordenen un pedido de plantas, el tipo de producción debe ser considerado, así como la especie y la fuente de germoplasma. Debido a que existe un gran número de tamaños de contenedor y opciones culturales, hay una gran variedad de tipos de producción de las cuales se puede elegir (fig. 1.1.3A). Cada tipo de producción tiene características biológicas únicas que afectan la sobrevivencia de las plantas y su crecimiento después de la plantación en campo. Los costos de producción también varían con el tipo de producción, y la mejor elección deberá equilibrar el costo y el éxito de la plantación. Varias publicaciones tratan sobre los diferentes tipos de producción a raíz desnuda y cómo deberán ser usados en la reforestación (Iverson, 1984), mientras que otros autores han abordado el tipo de producción en contenedor a escala regional (Brissette et al., 1991). Scagel et al. (1993) proporciona una excelente discusión sobre los factores que deben ser considerados en la selección del tipo de producción, para sitios de plantación en la Columbia Británica. Por ejemplo, debido a que se requiere de plantas de porte grande para competir con la maleza y resistir el ramoneo de los animales, en sitios adecuados para la plantación, la utilización de contenedores de gran volumen debe de ser especificado en el contrato de producción de planta (fig. 1.1.3B). Un compendio más amplio sobre los tipos de producción serán abordados en el volumen seis, mientras que su conveniencia para los diferentes sitios de plantación será abordada en el volumen siete.



A

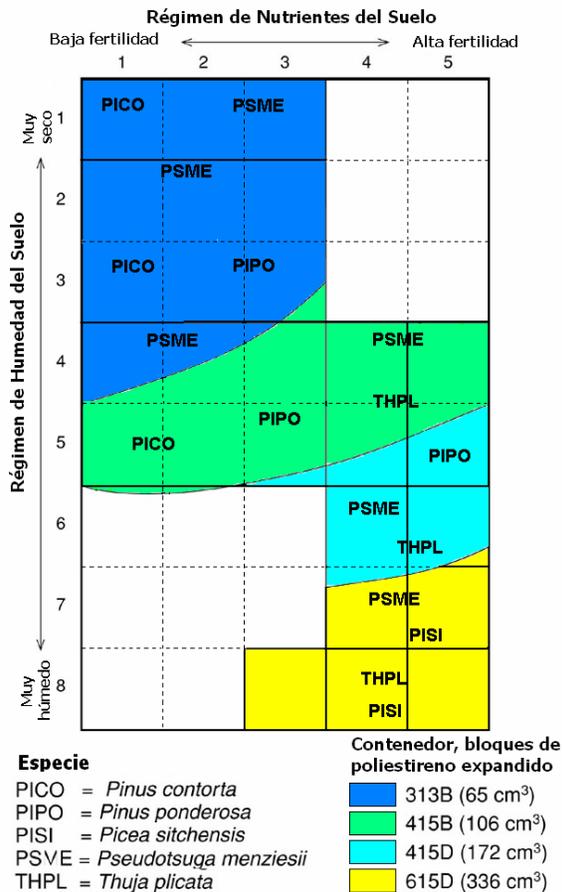


Figura 1.1.3 La calidad de la planta es determinada por las condiciones del sitio de plantación, por lo que están disponibles una amplia variedad de tipos de contenedor (A). Conforme se incrementa la calidad del sitio (alto contenido de humedad y fertilidad de los suelos) en esta área de la Columbia Británica, se requieren contenedores mas grandes para producir plantas de mayor tamaño (B) (modificado de Scagel et al., 1993).

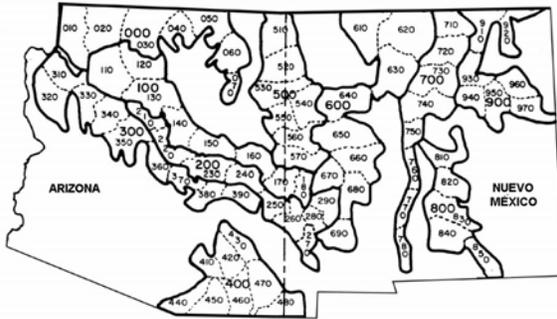
Fuente de germoplasma. Uno de los aspectos más importantes para los viveros que producen especies forestales, es que tengan siempre identificada la procedencia de la semilla, con datos tanto de la ubicación geográfica (a nivel de municipio o coordenadas geográficas) como de su altitud. Un **área semillera** es una superficie geográfica que es relativamente muy similar en clima y tipo de suelo, la cual es descrita mediante un código numérico. Por ejemplo, las áreas forestales de Arizona y Nuevo México han sido divididas en 10 regiones fisiográfico-climáticas, las cuales a su vez han sido subdivididas en áreas de recolecta de cerca de 80 km (50 millas) de ancho (fig. 1.1.4A). Estas áreas también están estratificadas en forma vertical por incrementos en altura de 150 m (500 pies). Un Estado con diversidad geográfica como California puede tener

una cantidad superior a 80 diferentes zonas semilleras, con una gran variedad de franjas de altitud en cada zona. Todo el germoplasma que es recolectado en un área en particular es etiquetado con los códigos del área semillera (fig. 1.1.4B).

A menos que las pruebas de progenie indiquen lo contrario, es mejor reintroducir las plantas en su región de origen. En este sentido, muchas de las órdenes de planta para propósitos forestales y de conservación son por especie, sistema de producción y fuente de germoplasma. Por ejemplo, las plantas de *Pseudotsuga menziesii* (Douglas – fir) de las Montañas Cascada al este de Portland, Óregon, E.U.A., pueden ser solicitadas para un sitio a 600 m.s.n.m. (2,000 pies) en la zona semillera 452. Cuando esta semilla se siembra en el vivero, la información de especie, área semillera y altitud sobre el nivel del mar se incluye como el **número de identificación del lote de semilla** (fig. 1.1.4C). Tal número identifica a este grupo de plantas del resto en el vivero, y es etiquetado en el contenedor de embarque luego de la cosecha para su plantación (fig. 1.1.4D). El proceso finaliza cuando la planta es establecida en una determinada región, bajo condiciones climáticas similares al área de donde fue recolectada la semilla. La importancia de contar con la identificación de la procedencia del germoplasma no debe ser minimizada. Las plantas se desarrollan mejor cuando se plantan en su misma zona de recolección, y muchas plantaciones han fallado debido al bajo nivel de adaptación de las plantas en otros ambientes. Si en un lote de plantas se pierde el registro de la fuente del germoplasma, los viveristas comúnmente los desechan antes de que sea enviado a un sitio de plantación equivocado.

Para los propósitos del presente manual, con el término **vivero de contenedores** se hará referencia a cualquier operación que haga posible el cultivo de plantas en contenedor, bajo cualquier tipo de ambiente de propagación modificado. El contenedor por sí mismo genera un ambiente edáfico único, y la mayoría de estos viveros usan algún tipo de sustrato artificial (refiérase al volumen dos de esta serie). El grado de modificación del ambiente de crecimiento varía considerablemente, desde aquellas estructuras de producción a cielo abierto que carecen de control sobre las condiciones ambientales (excepto por los inyectores para el riego y la fertilización), hasta aquellos con una gran variedad de estructuras de propagación (McDonald, 1982). Los invernaderos completamente cerrados, con equipo moderno para el control ambiental, pueden maximizar los niveles de crecimiento de las plantas, dado que son capaces de crear un ambiente de crecimiento ideal

con pocos factores limitantes. No existe un tipo ideal de vivero de contenedores; en cambio, los viveros reflejan el ambiente local así como la experiencia de los propietarios y la disponibilidad de recursos económicos. (Un análisis completo sobre los ambientes y las estructuras de propagación son proporcionados en el capítulo 3 de este volumen).



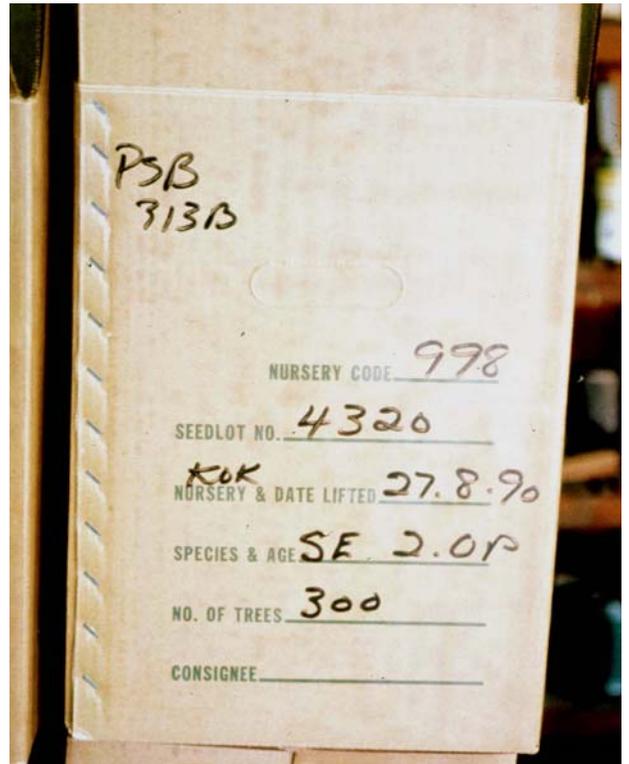
A



B



C



D

Figura 1.1.4 El origen de la semilla de especies forestales es registrado con el número de la zona semillera, tal y como se ilustra en el mapa de fuentes de germoplasma de los estados de Arizona y Nuevo México, E.U.A. Las áreas en blanco y sin código corresponden a superficie agrícola, pastizal o desierto e incluye bosque no nativo (A). Una "fuente identificada" de semilla (B) garantiza el origen de la semilla y asegura que la planta podrá aclimatizarse a los sitios de plantación. La identificación de diferentes lotes de semillas debe mantenerse durante todo el periodo de producción en el vivero (C) y también, cuando la planta es empacada para ser llevada a campo (D).

Un **vivero forestal de contenedores** está especializado en la producción de especies nativas o introducidas para plantaciones forestales. Tradicionalmente estos viveros han producido especies forestales con fines comerciales, sin embargo, en los últimos años se han venido produciendo una mayor variedad de especies, dentro de los cuales se incluyen a los arbustos y pastos (Landis et al.,1993). Un vivero forestal de contenedores bien diseñado consiste de áreas de producción e instalaciones de servicio, tales como el área principal de operaciones, oficinas, almacén y construcciones administrativas. Todas las áreas están interconectadas mediante un sistema de transporte, conformado por caminos y bandas transportadoras, que permiten facilitar el movimiento de plantas e insumos para la producción. Las instalaciones del vivero representan un término amplio que describe el sitio total del vivero, incluyendo las áreas de producción y las construcciones de apoyo. Algunos viveros forestales tienen tanto instalaciones para la producción bajo el sistema de contenedores, como terrenos para la producción de plantas a raíz desnuda y trasplantes (los ambientes de propagación en el vivero son comentados en el Capítulo 3, y la producción de plantas, así como el equipo para el control del ambiente, se analizan en el Capítulo 4 de este volumen).

1.1.1.2 La calidad de planta es determinada por su desempeño en campo.

Una de las principales características de los viveros forestales, es que las plantas son comúnmente establecidas en ambientes relativamente difíciles, carentes de riego o cualquier cuidado posterior (fig. 1.1.5A). En contraste, las plantas producidas en viveros con fines ornamentales son establecidas en condiciones mucho más favorables, donde es muy común que se les apliquen en forma periódica riego y fertilización (fig. 1.1.5B). Esta diferencia es significativa, debido a que la medida de la calidad de la planta depende del cómo serán utilizadas las plantas –“aptitud para el propósito” (Ritchie, 1984). Esto significa que, aunque la calidad de la planta es descrita en el vivero, ésta sólo puede ser probada en campo. Por esto mismo, no existe una planta que pueda ser catalogada para “todo propósito”. Una planta que luce “vigorosa y bonita” en el vivero, no sobrevivirá ni crecerá bien en todos los sitios.



A

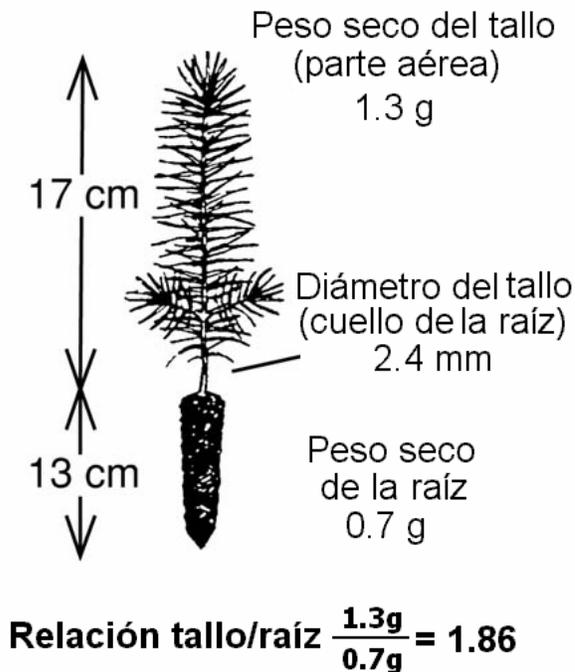


B

Figura 1.1.5. Las plantas establecidas en el bosque deben ser capaces de sobrevivir y tener buenos crecimientos sin un mantenimiento posterior (A). Esto contrasta claramente con las plantas con fines ornamentales y escénicos, las cuales reciben mantenimiento regular, incluyendo riego y fertilización (B).

Especificaciones morfológicas. Las plantas para plantaciones forestales son descritas por dimensiones morfológicas tradicionales (fig. 1.1.6A), y estos términos son utilizados por los viveristas y usuarios. Las dimensiones más comunes son la altura del tallo y su diámetro en la base. La **altura del tallo** es la distancia vertical desde el sustrato hasta el meristemo terminal o yema. El **diámetro del tallo**, comúnmente llamado “calibre” o “diámetro del cuello de la raíz”, es el diámetro de la base del tallo principal.

Dado que su medición se hace en milímetros, el diámetro del tallo puede variar significativamente, dependiendo de dónde se realice la medición. Por lo tanto, muchos viveristas miden el tallo en una ubicación estándar, a 1 cm (0.4 pulgadas) sobre el sustrato. Todos los aspectos de la morfología de la planta varían considerablemente entre diferentes medidas de contenedores, particularmente cuando se varía el volumen del contenedor y la densidad de crecimiento (fig. 1.1.6B).



A

Figura 1.1.6 Las especificaciones para plantas producidas en contenedor incluyen mediciones morfológicas, tradicionalmente la altura y el diámetro del tallo (A). El tamaño de la planta y su calidad son fuertemente afectados por el ambiente del vivero y las prácticas culturales; por ejemplo, los contenedores con grandes volúmenes y baja densidad de crecimiento producen plantas de pino ponderosa con un mucho mayor diámetro del tallo (B). (Modificado de Scagel *et al.*, 1993).

Otras especificaciones morfológicas de las plantas incluyen la longitud de la raíz, el peso seco (PS) y la relación tallo-raíz (T:R) (fig. 1.1.6A). Aunque implican la destrucción de muestras, los pesos secos son indicadores útiles del desarrollo del cultivo. La relación T:R es una comparación relativa del tamaño de la parte aérea y el sistema radical y es, algunas veces, un requerimiento del usuario para acoplar el tipo de producción con las características del sitio por plantar.



Volumen del Contenedor (cm ³)	65	106
Densidad de Crecimiento (plantas/m ²)	764	527

B

El efecto del vivero. La apariencia física de cualquier organismo (su fenotipo) es el resultado de su composición genética (su genotipo), influenciada por el ambiente en el cual creció.

Fenotipo = genotipo + ambiente

En los viveros forestales, el fenotipo de una planta está en función del genotipo (fuente de semilla, origen de la estaca o cultivar) y el ambiente del vivero en el cual se desarrolló. En nuestros días, el ambiente de un vivero es la composición de su ubicación geográfica, del tipo de instalaciones para la propagación, y de las prácticas culturales

utilizadas para producir las plantas (fig. 1.1.7A). Cuando un mismo lote de semillas es cultivado en diferentes viveros, aún en la misma área geográfica, la morfología de la planta puede ser visiblemente diferente (fig. 1.1.7B).

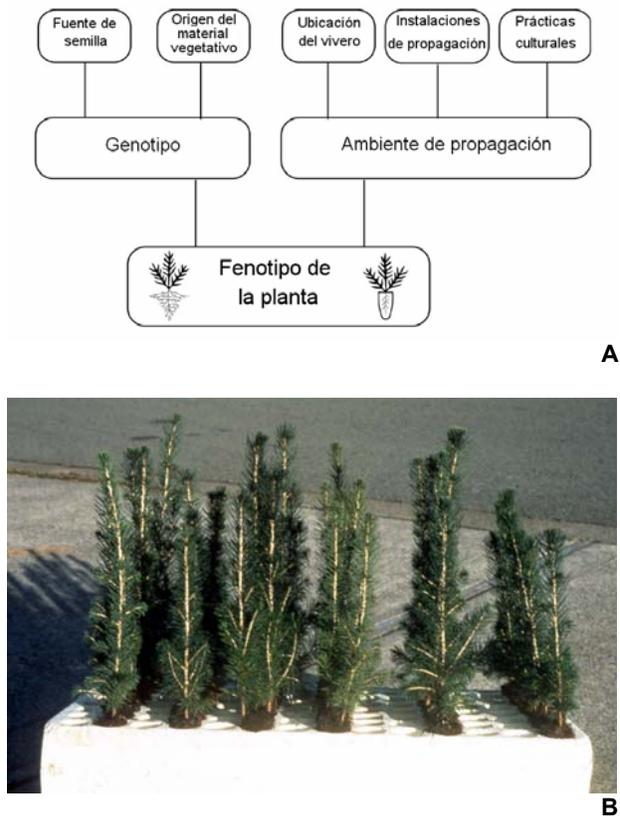


Figura 1.1.7 La apariencia física de una planta producida en contenedor (fenotipo), está en función de su composición genética (genotipo) y del ambiente de propagación (A). Cuando el mismo lote de semilla de picea del interior (*Picea glauca* x *P. engelmannii*) fue sembrada en 6 diferentes viveros, la planta mostró una obvia variación en altura, color del follaje y grado de ramificación lateral (B). (B de Scagel *et al.*, 1993).

Las plantas producidas en contenedor en diferentes viveros, incluso pueden ser fisiológicamente diferentes. Esta respuesta ha sido denominada **efecto del vivero**, y es un ejemplo de cómo influye el ambiente en las plantas, a través de las condiciones del sitio o las prácticas culturales. Esta influencia es evidente en las actividades cotidianas del vivero y en las actividades de reforestación. Los forestales que han establecido plantas de una misma fuente de semilla y que fueron cultivadas en diferentes viveros, han notado diferencias en su supervivencia y crecimiento. Un estudio realizado en Alaska, comparó plantas de *Picea sitchensis* (Sitka spruce) producidas en un vivero local, con otras plantas, producidas de la misma fuente de semilla, pero cultivadas en un vivero de Idaho

(Zasada *et al.*, 1990). Las plantas producidas en Idaho, tuvieron un daño más significativo por el ramoneo de los animales y por bajas temperaturas, durante la primera estación de crecimiento, comparado con aquellas que fueron producidas en el vivero local. En otro estudio realizado con *Pinus contorta* (Lodgepole pine), Ying *et al.* (1989) observó diferencias significativas en el comportamiento de la especie después de la plantación, cuando provenía de diferentes viveros, pero concluyeron que el efecto es relativamente breve (aproximadamente 15 años). De cualquier forma, esta diferencia puede ser suficiente para afectar el establecimiento de la plantación.

Los constructores de viveros y los usuarios de planta forestal deben considerar todos estos efectos cuando planeen el establecimiento de un nuevo vivero, o para decidir qué tipo de planta deben comprar (tabla 1.1.1). La mejor planta para un proyecto en particular dependerá de muchos factores: fuente de la semilla, prácticas culturales del vivero, manejo de la planta y de las instalaciones para su almacenamiento, equipos de plantación así como de las condiciones ambientales del área a plantar. Sin embargo, investigaciones y experiencias han mostrado que ciertos tamaños y tipos de planta se desarrollan mejor en algunos lugares que en otros. La calidad de la planta será discutida con más detalle en el volumen seis de esta serie.

Tabla 1.1.1 La gente que requiere un suministro constante de plantas forestales deberá considerar tanto los factores biológicos y económicos.

Factores biológicos	
•	¿Hay disponibilidad de especies apropiadas?
•	¿Puede encontrarse una fuente local de semillas de una determinada especie?
•	¿Qué tipo de planta requiere?
•	¿Existe disponibilidad de planta durante la época de plantación?
•	¿La calidad de la planta es alta en forma consistente?
•	¿Otros?
Factores económicos	
•	¿Existe disponibilidad de planta a un costo razonable?
•	¿Que tan cercano se encuentra el vivero al sitio de plantación?
•	¿Los viveros locales son confiables?
•	¿Qué hay acerca de las consideraciones políticas?
•	¿Otros?

1.1.2 Fuentes de Abastecimiento de Planta

Cuando existe una buena demanda de planta de especies forestales, mucha gente piensa en la posibilidad de establecer su propio vivero. Sin embargo, el cultivo de especies forestales requiere de esfuerzos concertados y constantes, por lo que todas las ventajas y desventajas para el establecimiento de un vivero deben de ser consideradas (tabla 1.1.2). El beneficio principal de contar con un vivero propio es que la cantidad, calidad y disponibilidad de la planta pueden ser

controladas. No obstante, se debe dedicar mucho tiempo para el desarrollo de un vivero, además de la considerable inversión económica. El proyecto requiere que el vivero produzca durante un buen período para poder amortizar la inversión. Por lo tanto, tanto individuos como organizaciones que tengan la necesidad de contar con un suministro constante de plantas, deberán considerar primero su compra.

Tabla 1.1.2 La decisión de comprar plantas o iniciar un nuevo vivero requiere de un análisis minucioso.

Compra de plantas	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Se dispone de tiempo y capital para otros usos • No se requiere contratación de personal para el vivero • Mayor flexibilidad a largo plazo • ¿Otras? 	<ul style="list-style-type: none"> • No existe control sobre el proceso de desarrollo • Comúnmente se requiere aceptar bajas ofertas • Menor control sobre la cantidad y disponibilidad de la planta • Las plantas pueden no adaptarse a las condiciones ambientales locales • ¿Otras?
Inicio de un vivero propio	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Se tiene un mayor control sobre la calidad y disponibilidad de la planta • Es posible desarrollar experiencia local para el cultivo y manejo de las plantas • Las plantas se adaptan mejor a las condiciones ambientales locales • No depende de otras organizaciones o individuos • Crea fuentes de trabajo • ¿Otras? 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere invertir fuertes cantidades de dinero y tiempo • Existe un compromiso profesional y económico a largo plazo • Requiere contratar y mantener a un grupo de apoyo • El mercado de planta forestal es muy cambiante año con año • Pueden gestarse situaciones de competencia no deseadas • ¿Otras?

1.1.2.1 Compra de planta

Existen muchas ventajas en comprar plantas forestales antes de establecer un nuevo vivero. En principio y ante todo, el tiempo y capital pueden ser destinados para otros usos (tabla 1.1.2). La producción de árboles puede llegar a ser un negocio riesgoso, y la compra de planta proveniente de otros viveros implica que muchos de los riesgos cotidianos asociados con el cultivo pueden ser evitados. Los constructores potenciales de viveros deben observar cuidadosamente otras operaciones existentes en este negocio, y decidir si las ventajas de iniciar un nuevo vivero son mayores que las desventajas.

Existen dos formas básicas para la compra de planta forestal: en el mercado y la adquisición de planta bajo un contrato.

Compra de planta en el mercado. Algunos viveros siembran un porcentaje determinado de su

producción anual específicamente para el mercado. De forma usual, estas son especies y fuentes de semillas que pueden estar adaptadas a una amplia área geográfica o que se ha comprobado que tuvieron una buena demanda en el pasado. Los excedentes de plantas son también vendidas en el mercado bajo el sistema especulativo. Debido a pérdidas anticipadas, muchos viveristas sobresiembran sus órdenes de plantas y, por lo tanto, tienen más disponibilidad cada año para su venta en el mercado libre. La cantidad y la fuente de semilla de este excedente varían año con año; sin embargo, los demandantes de planta realizan contactos con diferentes viveros en cada estación de crecimiento, con la finalidad de conocer qué especies y procedencias están disponibles. Los cultivos bajo este sistema de especulación rara vez empatan fuente de semilla apropiada con zonas de altitud, por lo tanto, son comúnmente plantados en sitios cuyas características no son las más óptimas.

Producción bajo contrato. Dado que las plantas forestales son un producto perecedero y la demanda es muy cambiante, las cuestiones económicas dictan que la mayoría de los viveros deberán cultivar sus grandes producciones bajo contrato. Como fue considerado anteriormente, las plantas de viveros forestales son muy diferentes de aquellas con fines ornamentales, en que muchos lotes de semilla son adecuados biológicamente sólo para pocos sitios de plantación. Por lo tanto, los forestales y los demandantes de planta forestal procuran producir su planta bajo contrato, especificando las especies apropiadas y la fuente de semilla.

Una opción intermedia es la compra de algunos árboles de fuentes externas y producir la diferencia en viveros de pequeña escala (ver sección 1.1.5 para mayor detalle).

1.1.2.2 Estableciendo su propio vivero

Una vez que se ha tomado la decisión de iniciar un nuevo vivero, la siguiente pregunta es el tipo de sistema de producción a utilizar, si a raíz desnuda o en contenedor.

Viveros a raíz desnuda. Las plantas a raíz desnuda son cultivadas a campo abierto, en suelos naturales y consecuentemente el suelo, el suministro de agua y el clima del sitio donde se encuentra el vivero deben de ser adecuados para el crecimiento de árboles. La tasa de crecimiento de las plantas y la longitud de la estación de crecimiento son fuertemente controladas por el clima donde se encuentra el vivero. Los sitios de calidad son difíciles de encontrar en ubicaciones convenientes, y los buenos terrenos agrícolas son normalmente caros. Generalmente se requiere de una inversión económica considerable para desarrollar un vivero a raíz desnuda, independientemente de su tamaño. Los viveros bajo este sistema de producción son también muy sensibles a las economías de escala. Una vez que el vivero se ha establecido y las operaciones se han iniciado, es muy importante operar bajo niveles cercanos a su capacidad instalada, para lograr costos unitarios de producción razonables. Comparados con los viveros que producen en contenedor, los requerimientos de energía y los gastos asociados son relativamente bajos. Una discusión más amplia de los factores para la selección del sitio, que deben de ser evaluados cuando se va a establecer un vivero a raíz desnuda, es presentada por Morby (1984).

Viveros en contenedor. Los viveros que producen en contenedor pueden ser establecidos en áreas

agrícolas con bajo valor comercial, las cuales serían inapropiadas para el sistema de producción a raíz desnuda. La inversión económica requerida varía dependiendo del tipo de infraestructura e instalaciones. Los invernaderos completamente automatizados demandan estructuras y controles ambientales costosos, pero una estructura abierta es más barata. Dado que las plantas producidas en contenedor crecen a mayores densidades, la cantidad de terreno requerido es menor, en comparación con el sistema de producción a raíz desnuda. Los viveros de contenedor son menos sensibles a las economías de escala y, bajo situaciones extremas, parte o todo el vivero puede ser cerrado para reducir costos de operación. Este tipo de viveros tiene altas tasas de crecimiento, especialmente bajo condiciones ambientales controladas, por lo que los cultivos pueden ser producidos en una sola estación de crecimiento. Desde un punto de vista de negocio, esto significa que los gerentes de los viveros pueden responder rápidamente a los cambios en el mercado. Los cultivos en invernaderos son más confiables de aquellos que se producen a cielo abierto, pero a expensas del consumo de grandes cantidades de energía (los factores biológicos y económicos a considerar cuando se instala un vivero de contenedores son presentados en el Capítulo 2 de este volumen).

Eligiendo la mejor alternativa. La decisión de si iniciar un vivero de contenedores o a raíz desnuda debe ser pensada muy cuidadosamente, ya que existen muchas cosas por considerar. Es sumamente útil hacer una lista con las diferentes consideraciones para facilitar la comparación (tabla 1.1.3).

Las consideraciones biológicas son de importancia fundamental para la selección entre un vivero a raíz desnuda o de contenedores, y comúnmente la falta de un sitio adecuado para la producción a raíz desnuda es un factor de decisión. El clima en general también es crítico, dado que los viveros de contenedor son comúnmente favorecidos a grandes latitudes y elevaciones, donde una estación de crecimiento extremadamente corta, hace que la producción a raíz desnuda sea impráctica. Los requerimientos de los consumidores, el manejo de la planta, los sistemas de transporte y el ambiente del sitio de plantación, deberán también ser evaluados. Debido a que son generalmente más tolerantes al estrés, como la deshidratación, las plantas en contenedor son también la mejor opción para sitios de plantación con condiciones difíciles o cuando los plantadores carecen de experiencia.

Los aspectos económicos también deben ser cuidadosamente estudiados, por lo que el análisis de mercado invariablemente deberá llevarse a cabo (ver sección 1.1.3). La proyección de los niveles de producción, acoplada con la inversión inicial y los costos de operación, podrán indicar el tipo de vivero más factible económicamente a diferentes volúmenes de producción. Las fuentes de energía y su costo son factores clave que tienen una influencia significativa para elegir entre un vivero de contenedores o a raíz desnuda.

Los aspectos económicos también deben ser cuidadosamente analizados, y el análisis de mercado invariablemente deberá de llevarse a cabo (ver sección 1.1.3). La proyección de los niveles de producción, acoplada con la inversión inicial y los costos de operación, podrán indicar el tipo de vivero más factible económicamente a diferentes volúmenes de producción. Las fuentes de energía y su costo son factores clave que tienen una influencia significativa para elegir entre un vivero de contenedores o a raíz desnuda.

Finalmente, también es necesario considerar la experiencia técnica, dado que la disponibilidad de un viverista hábil puede influenciar la selección del tipo de vivero. Existen pocos programas formales de capacitación sobre manejo de viveros forestales. Sin embargo, existen varios y buenos programas en universidades sobre el manejo de invernaderos

u horticultura ornamental, y la capacitación en horticultura puede asistir en el manejo de un vivero forestal que produce en contenedores.

Bajo algunas circunstancias, la instalación de un vivero que produzca tanto en contenedores como a raíz desnuda puede ser lo más apropiado. Los viveros de contenedores son comúnmente utilizados para cultivar plantas de semillas cuya procedencia es de un alto valor genético, mientras que la producción de especies “normales” se lleva a cabo en camas expuestas. En lugares donde el suelo del vivero es más adecuado para la producción de especies latifoliadas, las plantas de coníferas deberán ser desarrolladas en contenedores. En otro escenario, la cantidad de tierra arable en un vivero a raíz desnuda puede llegar a ser insuficiente cuando se requiere incrementar la producción de planta, y así el invernadero puede sumarse para complementar la producción. La combinación de un vivero de contenedores y a raíz desnuda es además más flexible a los cambios en el mercado, y puede ofertar un rango muy variado de los tipos de plantas, incluyendo los trasplantes en contenedor.

El resto de este manual asume que la decisión fue la de establecer un vivero de contenedores. Existe información sobre el desarrollo y la operación de viveros a raíz desnuda en Duryea y Landis (1984).

Tabla 1.1.3 Factores a considerar cuando se evalúa el establecimiento de un vivero de contenedores o a raíz desnuda.

Consideraciones	Vivero de contenedores	Vivero a raíz desnuda
1. Latitud/altitud - Longitud de la estación de crecimiento	1. Mejor para áreas con estaciones de crecimiento cortas: alta elevación o elevada latitud	1. Mejor para áreas con largas estaciones de crecimiento: bajas latitudes o bajas elevaciones
2. Inversión inicial de capital	2. Bajos costos de terreno, pero las estructuras y el equipamiento pueden ser caros; mínima preparación de la tierra	2. Los costos del terreno pueden ser significativos y la preparación puede ser costosa; los costos del equipo varían en función del grado de mecanización
3. Requerimiento de terrenos	3. Menor área requerida debido a las altas densidades de cultivo; las bajas tasas de eliminación producen altas cosechas	3. Mayor demanda de terreno debido a las bajas densidades; grandes tasas de eliminación producen bajas cosechas.
4. Calidad del suelo	4. Si se hace uso de sustratos artificiales no es de importancia	4. Crítico – los factores químicos y físicos deben ser medidos
5. Cantidad de agua	5. Se requieren menores cantidades	5. Se requieren grandes cantidades
6. Calidad del agua	6. Es deseable una buena calidad de agua, sin embargo, el agua de menor calidad puede ser tratada químicamente	6. Es necesaria una buena calidad de agua
7. Mano de obra	7. Sólo se requiere de pocos trabajadores altamente capacitados, excepto durante la siembra, la cosecha y el empaquetado	7. Una gran cantidad de personal es requerida durante la época de cosecha y empaquetado
8. Instalaciones y equipamiento	8. Variable, desde áreas de cultivo abiertas hasta estructuras muy sofisticadas	8. Variable, desde trabajos manuales hasta operaciones de alta mecanización
9. Calidad del germoplasma	9. Son requeridos altos niveles de eficiencia, mejor para semillas de alto valor genético.	9. Cosechas pobres por cantidad de semilla
10. Duración de rotación del cultivo	10. De 3 a 18 meses	10. De 1 a 4 años

Tabla 1.1.3 (continuación) Factores que deben considerarse cuando se evalúa el establecimiento de un vivero de contenedores o a raíz desnuda.

Consideraciones	Vivero de contenedores	Vivero a raíz desnuda
11. Características del cultivo	11. Algunas especies crecen mejor en contenedores: aquellas de semilla pequeña, baja germinación, especies de lento crecimiento y aquellas con raíces principales dominantes	11. Algunas especies crecen mejor bajo este sistema, como las latifoliadas de madera dura, que demandan más espacio de crecimiento
12. Enfermedades	12. Pocas enfermedades con sustratos artificiales estériles y menor riesgo de daños abióticos en estructuras cubiertas	12. Son más comunes los daños abióticos ocasionados por patógenos del suelo
13. Hongos micorrízicos y otros microorganismos benéficos	13. Deben ser agregados al sustrato artificial	13. Se encuentran normalmente en el suelo
14. Almacenamiento de plantas	14. Mayor volumen de almacenamiento. El almacenaje bajo sombra para las plantas que serán embarcadas en los contenedores es posible; necesario contar con una cámara fría para almacenar la planta que sea extraída del contenedor	14. Demanda menor volumen de almacenamiento. Un almacén frío es necesario a menos que las plántulas pueden ser establecidas en campo de forma inmediata
15. Manejo de plantas	15. Las plantas son más tolerantes al daño físico o exposición	15. Las plantas son menos tolerantes al daño físico o a la exposición
16. Transporte al sitio de plantación	16. Las plantas en contenedor son voluminosas y pesadas, pero no requieren ser almacenadas en cuartos fríos por períodos cortos	16. Las plantas son más ligeras y pueden ser empacadas de manera compacta, pero requieren ser mantenidas a bajas temperaturas
17. Condiciones del sitio de plantación	17. Las plantas en contenedor resienten menos el estrés por el trasplante y son superiores para sitios difíciles	17. Estas plantas sufren más el estrés por trasplante, y son mejores en sitios de calidad buena o regular
18. Longitud de la época de plantación	18. Período de plantación amplio	18. Período de plantación corto

1.1.3. Evaluación del Mercado Actual de Plantas

Los constructores de viveros deberán ser muy realistas sobre el mercado de plantas que están planeando abastecer. Un análisis de mercado deberá determinar la demanda, la competencia y los precios.

1.1.3.1 Demanda

Para los viveros que han sido establecidos a efecto de abastecer necesidades locales de planta, normalmente la demanda es conocida. Pero para aquellos viveros que planean abastecer otros tipos de mercados o usuarios, los compradores potenciales deberán ser encuestados, obteniendo información detallada con la finalidad de responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué especies, cantidad y tamaño de árboles se requieren?
- ¿Cuándo y dónde serán plantados estos árboles?
- ¿Por cuánto tiempo persistirán tales necesidades y cambiarán con el tiempo?

En particular, los diseñadores y constructores de viveros para el desarrollo de proyectos gubernamentales de reforestación, deberán estar conscientes de que muchos contratos son entregados con base en una oferta mínima, y en este sentido los márgenes de ganancia son pequeños. La demanda de planta por parte de las agencias gubernamentales puede variar considerablemente de un año a otro. Por ejemplo, los proyectos de restauración de áreas incendiadas comúnmente crean una demanda para uno o dos años, pero ésta puede reducirse drásticamente en los años subsecuentes, cuando se presentan pocos incendios. Los proyectos de reforestación después del aprovechamiento forestal (cosecha de madera), tienen una demanda de planta relativamente estable en la Costa Noroeste del Pacífico de los Estados Unidos, sin embargo y debido a cambios recientes en la normatividad sobre el uso de los terrenos, se ha reducido esta demanda en forma significativa. Por lo tanto, los desarrolladores potenciales de viveros deben analizar cuidadosamente su demanda de mercado y contar con la certeza de que ésta existe en forma permanente, antes de realizar una fuerte inversión en un vivero.

1.1.3.2 Competencia

Además de evaluar el mercado, los planeadores deben analizar cuidadosamente la competencia. En los Estados Unidos de América, los viveros

forestales están clasificados como industriales, gubernamentales y privados. Un gran porcentaje de la superficie forestal y de praderas en dicho país es manejada por agencias gubernamentales federales, estatales y locales. Algunas dependencias como el Servicio Forestal del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos y el Buró de Asuntos Indígenas del Departamento del Interior, tienen sus propios viveros para producir planta y satisfacer sus necesidades; otros, como el Departamento de Manejo de Tierras, se abastecen de planta de viveros del gobierno federal o privados. Muchos estados y algunas entidades gubernamentales locales cuentan también con sus propios viveros. Aunque los viveros estatales proveen de planta a pequeños propietarios de terrenos, éstos no entran en competencia directa con los viveros privados. Los viveros de la industria forestal producen planta para sus propios terrenos, pero es común que establezcan contratos para la producción de planta con otros compradores. Una gran cantidad de viveros privados también producen planta para su venta bajo algún contrato o para el mercado.

Los desarrolladores de viveros en contenedor llegan a entrar en competencia con los viveros a raíz desnuda o en contenedor ya establecidos, y por lo tanto deben informarse sobre la ubicación, capacidades y eficiencia de sus competidores potenciales. El directorio nacional de viveros (Okholm y Abriel, 1994a) y el regional (Okholm y Abriel, 1994b) están disponibles para auxiliar a los constructores en el análisis de competencia. Los viveros privados han trabajado muy fuerte para desarrollar su propio negocio y, por lo tanto, no espere que ellos compartan todos sus secretos. Debido a esta postura para evitar la competencia, los viveros gubernamentales pueden ser una buena fuente de información sobre el mercado local.

Después de que se haya recopilado la información acerca del número de viveros, su capacidad y demanda, es necesario comparar esta información con las propias proyecciones, para así tener la capacidad de decidir si el establecer un nuevo vivero está económicamente justificado.

1.1.3.3 Precio

Los planeadores de viveros deberán conocer los precios de la planta forestal en el mercado local y tratar de determinar las tendencias de los precios actuales. Muchos factores económicos, políticos y biológicos afectan el precio de la planta año con año. Debe estar consciente que los precios

generalmente incrementan con el tamaño del contenedor (volumen), debido a que las plantas de porte grande requieren más espacio de crecimiento (tabla 1.1.4). Las plantas de especies forestales tradicionalmente son vendidas por millares, sin embargo, muchos viveros establecen como orden mínima 50 O 100 plantas. Dado que en ocasiones la producción se vende con todo y el contenedor donde se ha desarrollado la planta, algunos viveros valúan su planta haciendo el ajuste correspondiente. Sin embargo y para propósitos de comparación, los precios de las plantas son manejados con base en millares.

Muchos productores estarán dispuestos a proporcionar presupuestos del precio de la planta vía telefónica. Algunas organizaciones forestales estatales realizan en forma regular una encuesta sobre los precios de las plantas y de esta forma pueden proporcionar una lista detallada. Los precios pueden variar en forma significativa año con año, sin embargo, éstos de alguna manera

reflejan las tendencias del mercado. Debido a los riesgos asociados, cuando se realiza un contrato, los precios de las plantas son generalmente diferentes a aquellos de plantas que se han desarrollado para el mercado especulativo. Algunas veces los precios que se establecen bajo contrato son reducidos en forma artificial, debido a que los productores “rebajan” los precios del mercado para asegurarse que su vivero se encuentre produciendo a máxima capacidad. Por otra parte, las plantas producidas para el mercado especulativo con frecuencia serán vendidas a un precio muy bajo, cuando son excedentes, pues pueden mantenerse durante otra estación de crecimiento.

El siguiente paso es el de estimar el costo potencial del vivero para producir un determinado cultivo, y posteriormente comparar estos costos con los precios del mercado existente.

Tabla 1.1.4. Los costos de producción de plantas en contenedor son influenciados significativamente por el tamaño y espaciamiento del contenedor.

Tipo de Contenedor	Volumen de la cavidad		Espaciamiento de las cavidades		Costo/1,000 *
	cm ³	pulgadas ³	cavidades/m ²	cavidades/pie ²	
Ray Leach Fir Cells	49	3.0	1,076	100	\$ 160.00
Ray Leach Pine Cells	65	4.0	1,076	100	\$ 164.00
Styroblock 7	121	7.4	764	71	\$ 240.00
Ray Leach Super Cells	164	10.0	527	49	\$ 307.00

* Estos costos están referidos en dólares para el año de 1992. Fuente: Myers (1992)

1.1.4 Estimación de los Costos de Producción

Los constructores de viveros deben calcular los costos de producción estimados, para tener la seguridad de que su planta podrá ser competitiva en el mercado local. Sin embargo, una buena estimación de costos puede llevar mucho tiempo, ya que se requiere una cantidad de información considerable sobre las estructuras, equipo, mano de obra, combustibles, terrenos, mantenimiento y transporte. Después de obtener y organizar esta información, el futuro viverista deberá analizar también cómo estos costos estarán afectando el costo final por planta producida, bajo diferentes ubicaciones del vivero, tipos de instalaciones y niveles de producción. Un buen ejemplo de este proceso fue reportado por Guldin (1983), quien analizó los costos de producción de plantas en contenedor en el sureste de los Estados Unidos, utilizando cuatro diferentes tipos de contenedores y cuatro diferentes estructuras de cultivo. Esta información económica fue entonces analizada en forma comparativa con datos para un vivero de producción a raíz desnuda.

1.1.4.1 Requerimientos para un sistema de producción en contenedor

El primer paso en el análisis de costos, es identificar todas las cosas que son requeridas para la operación de un vivero. Los planeadores inexpertos comúnmente asumen que existe un sistema estándar para cultivar plantas en contenedor, pero en realidad nada de esto es cierto. Cada especie tiene su propio nivel óptimo de requerimientos ambientales, y cada ubicación potencial del vivero tiene un clima único. Tanto las organizaciones como los individuos, tienen también sus propias metas y restricciones que afectarán las decisiones para el establecimiento. Por lo tanto, los diseñadores de viveros deben considerar que las instalaciones de un vivero de contenedor deben ser cuidadosamente diseñadas, para acoplar objetivos específicos (Ekblad,1973).

Para asegurarse que todos los factores son considerados, se puede utilizar un sistema sencillo de análisis de aproximación. Un **sistema de producción** en contenedor consiste de una serie de procesos (Furuta,1978). Un proceso específico, tal como la siembra de semilla, involucra una serie de **operaciones secuenciales** tales como el llenado del contenedor con sustrato y la siembra de un determinado número de semillas por cavidad. Cada proceso y operación en el sistema tiene **requerimientos** específicos, incluyendo estructuras, equipo, suministros y mano de obra (tabla 1.1.5).

El objetivo durante la fase de establecimiento del vivero, es entender el sistema y sus procesos lo suficientemente bien como para identificar los requerimientos y estimar sus costos asociados. Algunos requerimientos serán comunes para todos los tipos de viveros, pero otros podrán variar. Por ejemplo, un vivero que ha sido diseñado para propagar plantas en forma vegetativa (reproducción asexual), tendrá ligeras diferencias en el proceso y operaciones y, por lo tanto, diferentes equipamientos en comparación con aquél que ha sido diseñado para producir plantas a partir de semilla (reproducción sexual). Otros requerimientos del vivero – tales como mantenimiento, confiabilidad y seguridad– no son tan importantes para el diseñador y planeador, sin embargo deberán también ser considerados (Ekblad,1973). Los requerimientos en cuanto a mantenimiento, son aquellos asociados con mantener el sistema del vivero operando eficientemente, mientras que los requerimientos de confiabilidad son aquellos que mantienen el vivero funcionando sin fallas catastróficas, mediante la utilización de controles ambientales, fuentes alternas de energía y sistemas de alarma. Los requerimientos de seguridad también deben ser observados, ya que aún la operación mecánica más eficiente no debe involucrar riesgos inaceptables para los trabajadores del vivero.

Tabla 1.1.5 Un vivero forestal de contenedores puede ser descrito como un sistema que consiste en una serie de procesos compuesto de operaciones secuenciadas con requerimientos específicos.

SISTEMA: Vivero de contenedor para la producción de especies forestales

PROCESO: Siembra de semillas

OPERACIÓN: Colocación de un número específico de semillas por contenedor

REQUERIMIENTOS:

Estructura – Área principal de operaciones

Equipo – Máquina sembradora

Mano de obra – Trabajadores hábiles y con experiencia

Insumos – Semillas y electricidad

Para tener la seguridad que toda la variedad de los requerimientos han sido considerados, es muy útil visualizar el sistema del vivero, sus procesos y operaciones mediante un diagrama de flujo (ver figura 1.4.11). Tal representación visual es una excelente forma de mostrar el cómo las diferentes etapas, en una producción exitosa de plantas en contenedor, se encuentran relacionadas tanto en un contexto espacial, como temporal. Dado que no es razonable esperar que un planeador de viveros novato cuente con todos los elementos que se requieren para un vivero exitoso, los autores recomiendan visitar un vivero ya establecido. Además, existen varias y buenas referencias que tratan sobre el establecimiento de un vivero. Matthews (1983) enlistó los factores que deben ser considerados para el establecimiento de un vivero forestal de contenedores en la Columbia Británica (Canadá), y Hanan et al. (1978), discutieron las consideraciones económicas asociadas con el establecimiento de un vivero ornamental con producción en contenedor.

Una vez que se han considerado los requerimientos dentro del sistema del vivero, es necesario estimar los costos fijos y variables. En forma adicional a los gastos iniciales, también deben tomarse en cuenta los costos fijos por depreciación anual, renta, seguro e impuestos. El obtener costos realistas para iniciar la operación de un nuevo vivero puede dificultarse, especialmente para los novatos o inexpertos, sin embargo, este ejercicio es absolutamente necesario para el establecimiento exitoso de un vivero. Los viveros gubernamentales pueden ser muy útiles al respecto, dado que sus costos de producción son información pública (vea como ejemplo la tabla 1.5.1 en el Capítulo 5 de este volumen).

1.1.4.2. Influencia del tamaño del vivero y la utilización del espacio

La capacidad de producción del vivero propuesto obviamente es un factor importante que afectará los costos estimados de producción. Las instalaciones grandes son más eficientes, debido a las economías de escala, pero también son más caras de establecer. Van Eerden (1982) encontró que del 30 al 40% de los costos de producción de los viveros en la Columbia Británica (Canadá), se debieron al interés generado sobre inversión y capital de trabajo. Como consecuencia, es muy prudente establecer instalaciones de cultivo tan pequeñas como sea posible al inicio, e incrementar gradualmente las instalaciones, a medida que la demanda vaya aumentando y los recursos económicos estén disponibles.

En forma adicional al tamaño del vivero, la capacidad de producción de planta está en función de varios factores:

1. **Uso eficiente del espacio.** Es el espacio neto utilizable para la producción que puede ser alcanzado en cada área de crecimiento. Las especies forestales comúnmente son cultivadas en plataformas o en mesas elevadas, además de que su arreglo y la utilización eficiente del espacio pueden controlar el máximo número de plantas que pueden ser cultivadas por unidad de área. Comúnmente, el intervalo de eficiencia global de los invernaderos varía de 65 a 70 %, pero puede ser tan alto como 85%.
2. **Tamaño del contenedor y arreglo.** Las dimensiones laterales, la densidad de cavidades por contenedor y el número de contenedores que pueden ser colocados en el área de crecimiento.
3. **Eficiencia de producción.** La proporción de plantas cosechables que pueden ser producidas por cultivo, y el número de cultivos que pueden ser obtenidos por año.

(Para mayor información vea el capítulo 3 de este volumen).

Los cultivos múltiples son otra forma de incrementar la producción de plantas por unidad de superficie. En algunas partes de los Estados Unidos, especialmente al sur, es posible obtener más de un cultivo por año en un vivero que produce en contenedor (Guldin, 1983). Por ejemplo, algunos productores usan el invernadero para iniciar la producción. Una vez que las plantas se han establecido, éstas son movidas a otra área, ya sea a cielo abierto o en instalaciones de malla con media sombra, para finalizar su crecimiento. Un segundo cultivo, por tanto, puede ser sembrado y finalizado su crecimiento en el mismo invernadero. Obviamente, este sistema de producción es dependiente del tipo de instalaciones y de las condiciones climáticas. Los cultivos producidos durante el invierno son siempre más caros que aquellos producidos en verano, debido al incremento de los costos para el calentamiento y al mayor tiempo requerido para lograr la calidad de planta deseada (ver comparación de los costos de producción en la tabla 1.5.1 en el Capítulo 5 de este volumen). En climas muy fríos, los costos por combustibles pueden ser tan altos que sólo las operaciones del invernadero durante el verano resultan ser económicas. (La programación del cultivo es discutida posteriormente en el volumen 6 de este manual).

1.1.4.3 Energía y consideraciones de transporte.

Desde la crisis energética en los inicios de los años 70's, la preocupación sobre el uso de la energía ha cambiado fuertemente los aspectos económicos de las operaciones de un vivero que produce en contenedor. La mayoría de estos viveros, especialmente los invernaderos completamente automatizados, usa grandes cantidades de energía, por lo que el uso potencial de la misma, así como los costos asociados deben ser cuidadosamente analizados. En efecto, las consideraciones energéticas son uno de los factores más importantes a ser tomados en cuenta cuando se evalúa la ubicación potencial de un vivero. Los tipos y cantidades de energía que se pueden utilizar variarán de acuerdo al diseño y su operación. Cameron (1982) muestra un modelo por computadora disponible para predecir los requerimientos de energía en un invernadero, haciendo variar su estructura o las técnicas de producción en un sitio determinado.

Dado que las plantas forestales comúnmente son establecidas en lugares alejados, el transporte de la planta puede ser una consideración económica significativa. Originalmente, debido a los problemas asociados con el almacenamiento de la planta y su transporte, los viveros a raíz desnuda fueron ubicados lo más cercano posible a los sitios de plantación. Sin embargo, con la llegada de los camiones de carga refrigerados y las instalaciones de almacenamiento, ha sido económica y biológicamente factible el empaque y traslado de planta desde lugares muy lejanos. Esto ha dado una ventaja a la tendencia de ubicar los viveros en climas templados, donde el costo de operación del vivero resulta menor. Por ejemplo, la Columbia Británica en Canadá tiene un clima moderado en las partes bajas del Valle del Río Fraser, pero estaciones de crecimiento cortas e inviernos muy fríos en el interior de la provincia. Por lo tanto, una gran cantidad de plantas para la reforestación de la provincia, es cultivada cerca de Vancouver y enviada al interior para su plantación (Van Eerden, 1982). El diseñador y constructor de viveros deberá poner fuerte énfasis en colocar la operación en un clima moderado, aún y cuando la planta deba ser entregada a grandes distancias. Esta aseveración implica que las instalaciones del vivero deban ser diseñadas a fin de que las plantas puedan ser condicionadas adecuadamente, antes de su empaque y almacenamiento. En áreas que no dispongan de un almacenamiento refrigerado, los viveros deben ser ubicados lo más cerca posible de los sitios de plantación, a fin de reducir el tiempo de empaque y los costos de manejo.

1.1.4.4 Equilibrio entre mano de obra y equipamiento.

Es posible realizar manualmente todas las operaciones de un vivero que produce en contenedor, y ésta es la mejor opción donde el costo de la mano de obra es muy barata, donde crear empleos sea uno de los objetivos, o cuando la tecnología tenga un costo prohibitivo o incluso no está disponible. La mayoría de los viveros usan equipo especializado para incrementar su eficiencia y para reducir los costos de la mano de obra. Sin embargo, los constructores de viveros no deberán preocuparse sólo de los aspectos mecánicos y de ingeniería de las diferentes tareas, también han de considerar los factores biológicos y económicos. Los costos de la mano de obra pueden ser altos durante una época específica en el vivero, tal como el llenado de envases y la siembra, así como en la cosecha y el empaque. Fuera de estos períodos, el vivero podrá operar sólo con algunos trabajadores habilidosos.

Cuando se evalúa la necesidad de alguna pieza de equipo, el constructor debería tener en cuenta las siguientes preguntas:

1. ¿Es esta parte del equipo necesaria para satisfacer las necesidades biológicas de las plantas?
2. ¿Cuánto será el ahorro en tiempo que esta pieza proporcionará, comparado con el ahorro en mano de obra?
3. ¿Qué tan favorable es realizar la mecanización?
4. ¿Es el tiempo para finalizar la operación una consideración de importancia?
5. ¿El equipo solamente podrá ser usado por un corto tiempo cada año?
6. ¿Es posible que el equipo pueda ser rentado o pedirse prestado de otros viveros locales o de otro tipo de negocios?

La consideración primaria en la decisión de mecanizar siempre puede tener un efecto sobre la calidad de la planta, por lo que cada proceso de producción deberá ser evaluado acorde a este criterio. La intensa actividad durante los períodos de trabajo máximo puede fácilmente hacer deseable la mecanización, pero el viverista deberá mantener en mente que una actividad que dura un corto tiempo, puede ser realizada más eficientemente mediante el uso intensivo de mano de obra. Algunos procesos, tal como la clasificación de planta requieren de una persona con una visión y movimiento de manos bien entrenados, por lo cual, se vuelve más difícil su automatización. Otras actividades, como el llenado de envases y la

siembra de los contenedores, deben realizarse en un tiempo muy corto, por lo que normalmente se justifica la inversión financiera en equipamiento para acelerar los procesos (Van Eerden,1982).

La mecanización tiende a ser más factible económicamente con el incremento en tamaño y sofisticación del vivero, y conforme los costos de la mano de obra eventual incrementan. Sin embargo, la compra de una nueva pieza de equipo demanda capital y el uso de ésta deberá ser frecuente para justificar dicho gasto. El equipo innovador “hecho en casa” y de bajo costo, puede ser muy eficiente. Por lo tanto, cada caso debe ser analizado en forma separada.

1.1.5 Estudio de Factibilidad y Tácticas para el Establecimiento

La etapa final consiste en realizar un estudio de factibilidad, el cual es simplemente un análisis pragmático de la situación. Compare los costos de su proyecto de producción con los costos estimados y valore éstos contra los riesgos y los beneficios potenciales asociados con la empresa. El análisis resultante deberá incorporar una gama de diseños, tamaños y ubicaciones, a fin de que el diseñador y constructor de viveros pueda tener la capacidad de identificar las mejores instalaciones, acorde con las necesidades proyectadas de planta. En este punto, puede ser que el análisis nos indique como mejor opción, la compra de la planta de un vivero ya existente.

Si el análisis determina que el establecimiento de un vivero es aún la mejor opción, entonces la programación en tiempo y el grado de desarrollo deben ser considerados. Las tácticas para el establecimiento del vivero dependen del nivel de riesgo que puede ser asumido y de la urgencia con que se requieran las plantas. Puede ser prudente iniciar con un pequeño vivero piloto, y no con uno de gran tamaño. Los viveros de contenedor son ideales para este propósito, dado que se pueden enfocar hacia el cultivo de especies críticas que demandan requerimientos ambientales únicos, mientras que la producción de las plantas más comunes se puede canalizar a otros viveros. El producir sólo parte de los requerimientos de plantas le proporciona alguna seguridad del suministro y establece la capacidad técnica para producir la demanda completa si fuese necesario.

No obstante toda la discusión acerca de la evaluación y análisis, la decisión final en cuanto a iniciar un vivero para la producción en contenedor, comúnmente se apoya la filosofía de la organización y en un constructor en particular. Muchos viveros han sido construidos para satisfacer requerimientos específicos deseados.

1.1.6 Resumen

La persona que esté considerando el establecimiento de un vivero forestal, debe estar familiarizada con la terminología y características específicas de las plantas que son utilizadas con fines de reforestación y conservación. A diferencia de muchos otros cultivos, las plantas procedentes de viveros forestales son establecidas en sitios difíciles, sin el subsecuente cuidado. Esta diferencia es significativa porque implica que la calidad de la planta es definida por las condiciones ambientales en el sitio de plantación. No existe una planta forestal que pueda ser considerada para “todo propósito”. Ante la demanda de plantas de especies forestales, mucha gente u organizaciones piensan que necesitan establecer su propio vivero, pero primero deberían considerar la compra de planta en un vivero ya establecido. Si se decide en establecer un nuevo vivero, la próxima decisión será si éste deberá producir en contenedor o a raíz desnuda. Existen muchos factores a considerar para la elección del mejor tipo de infraestructura. Los diseñadores y constructores de viveros han de estar conscientes del mercado que están pensando satisfacer, por lo que deberá realizarse un análisis para obtener información sobre la demanda, competencia y precios de mercado. Asimismo, habrá que estimar los costos de producción para determinar si sus plantas podrán ser competitivas en el mercado. El paso final es hacer un estudio de factibilidad, en el cual sean estimados los precios de las plantas y sus respectivos costos de producción, y comparados con los riesgos y la ganancia económica esperada. Si la decisión es la de construir un nuevo vivero, entonces se debe seleccionar un sitio adecuado. Todo lo relacionado con este último punto, es discutido en el Capítulo 2 del presente volumen.

1.1.7 Literatura Citada

- Brissette, J.C.; Barnett, J.P.; Landis, T.D. 1991. Container seedlings. In: Duryea, M.L.; Dougherty, P.M., eds. Forest regeneration manual. Boston: Kluwer Academic Publishers: 117-141.
- Cameron, S.I. 1982. Conserving energy in container greenhouses. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981, September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Center: 91-109.
- Duryea, M.L.; Landis, T.D. eds. 1984. Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings. Boston: Kluwer Academic Publishers. 385 p.
- Ekblad, R.B. 1973. Greenhouses: a survey of design and equipment. Missoula, MT: USDA Forest Service, Missoula Technology and Development Center. 70 p.
- Furuta, T. 1978. Environmental plant production and marketing. Arcadia, CA: Cox Publishing Co. 232 p.
- Guldin, R.W. 1983. Regeneration costs using container – grown southern pine seedlings. Res. Pap. SO-187. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station. 29 p.
- Hahn, P.F. 1990. The use of Styroblock 1 & 2 containers for P+1 transplant stock production. In: Rose, R.; Campbell, S.J.; Landis, T.D., eds. Target seedling symposium: Proceedings, combined meeting of the Western Forest Nursery Associations; 1990, August 13-17; Roseburg, OR. Gen. Tech. Rep. RM-200. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 223-230.
- Hahn, P.F. 1984. Plug+1 seedling production. In: Duryea, M.L.; Landis, T.D., eds. 1984. Forest nursery manual: production of bareroot seedlings. Boston: Kluwer Academic Publishers: 165-181.
- Hanan, J.J.; Holley, W.D.; Goldsberry, K.L. 1978. Greenhouse management. New York: Springer-Verlag. 530 p.
- Iverson, R.D. 1984. Planting-stock selection : meeting biological needs and operational realities. In: Duryea, M.L.; Landis, T.D., eds. Forest nursery manual: production of bareroot seedlings. Boston: Kluwer Academic Publishers: 261-266.
- Landis, T.D.; Lippitt, L.A.; Evans, J.M. 1993. Biodiversity and ecosystem management: the role of forest and conservation nurseries. In: Landis, T.D., tech. coord. Proceedings, Western Forest Nursery Association; 1992, September 14-18; Fallen Leaf Lake, CA. Gen. Tech. Rep. RM-221. Fort Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 1-17.
- Matthews, R.G. 1983. Seedling production for crown lands in British Columbia: guidelines for commercial container nurseries. Victoria: BC: British Columbia Ministry of Forests, Silviculture Branch. 45 p.
- McDonald, 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 Seedling Conference; 1981, August 25-27; Savannah, Ga. Gen. Tech. Rep. SO-37. New Orleans: USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station: 81-85.
- Morby, F.E. 1984. Nursery site selection, layout, and development. In: Duryea, M.L.; Landis, T.D., eds. Forest nursery manual: production of bareroot seedlings. Boston: Kluwer Academic Publishers: 9-15.
- Myers, J. 1992. Personal communication. Cœur d'Alene, ID: USDA Forest Service, Cœur d'Alene Nursery.
- Okholm, D.; Abriel, R. 1994a. National Nursery Directory. Portland, OR; USDA Forest Service, Pacific Northwest Region, State and Private Forestry.
- Okholm, D.; Abriel, R. 1994b. Pacific Northwest nursery directory and report. Portland, OR: USDA Forest Service. Pacific Northwest Region, State and private Forestry.

- Ritchie, G.A. 1984. Assessing seedling quality. In: Duryea, M.L.; Landis, T.D., eds. Forest nursery manual: production of bareroot seedlings. Boston: Kluwer Academic Publishers: 243-259.
- Scagel, R.; Bowden, R.; Madill, M.; Kooistra, C. 1993. Provincial seedling stock type selection and ordering guidelines. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forests, Silviculture Branch. 75 p.
- Van Erden, E. 1982. The fundamentals of container seedling production. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium ; 1981, September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 83-90.
- Ying, C.C.; Thompson, C.; Herring, L. 1989. Geographic variation, nursery effect, and early selection in lodgepole pine. Canadian Journal of Forest Research 19(7): 832-841.
- Zasada, J.C.; Owston, P.W.; Murphy, D. 1990. Field performance in Southeast Alaska of Sitka spruce seedlings produced at two nurseries. Research Note PNW-RN-494. Corvallis, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 11 p.



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Uno Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero

Capítulo 2 Selección del Sitio

Contenido

	Página
1.2.1 Introducción	29
1.2.2 Criterios Básicos para la Selección	30
1.2.2.1 Áreas a cielo abierto	30
1.2.2.2 Suministro constante de agua de riego de alta calidad	30
Evaluación de la calidad del agua	31
Estimación de los requerimientos de agua	34
1.2.2.3 Fuente de energía confiable y económica	37
Disponibilidad y confiabilidad	37
Cantidad requerida y costo	37
Energía solar y otras fuentes alternas de energía	37
1.2.2.4 Terrenos adecuados	38
1.2.2.5 Restricciones ecológicas y políticas	38
Zonificación del uso del suelo y restricciones para construcción	38
Contaminación química potencial	39
1.2.3 Criterios Secundarios para la Selección del Sitio	41
1.2.3.1 Microclima favorable	41
1.2.3.2 Topografía suave	41
1.2.3.3 Disponibilidad de mano de obra estacional	42
1.2.3.4 Accesibilidad	42
1.2.3.5 Distancia a los mercados	43
1.2.4 Evaluación de Sitios Alternos	44
1.2.5 Resumen	45
1.2.6 Literatura Citada	46

1.2.1 Introducción

Una vez que la decisión para la construcción de un vivero forestal ha sido tomada, el constructor se enfrenta con el gran reto que implica la selección del sitio adecuado. Aunque los criterios de selección del sitio pueden ser bastante restrictivos, son menos demandantes que aquellos para viveros que producen bajo el sistema a raíz desnuda. Los viveros de contenedores pueden ser ubicados en sitios que serían completamente inapropiados para los de raíz desnuda, dado que las plantas se desarrollan en un sustrato artificial, y mediante estructuras y equipo que son capaces de modificar el ambiente físico.

El objetivo básico de cualquier operación en un vivero, es el de modificar el ambiente natural a fin de que las plantas puedan ser producidas rápida, eficiente y económicamente. Los viveros de contenedor ofrecen el potencial para una considerable modificación ambiental, sin embargo, tanto los costos de establecimiento como los de operación se incrementan con el grado de modificación. Existe una gran variedad de estructuras de propagación que pueden ser acopladas al sitio, por lo que es necesario contar con un conocimiento básico sobre el tipo de estructuras y el equipo para el control ambiental durante la evaluación del área (vea los Capítulos 3 y 4 de este volumen).

Un vivero de contenedor exitoso debe ser cuidadosamente acoplado a las condiciones ambientales del sitio; el diseño de un vivero para un sitio no necesariamente será el mejor para otro. Por lo tanto, los constructores deberán analizar el ambiente en cada sitio potencial, mediante la evaluación de los registros de tiempo atmosférico a corto y a largo plazo, además de realizar observaciones directas.

Los constructores deberán estar preparados para dedicar una buena cantidad de tiempo para la selección del sitio, ya que muchos problemas biológicos y de operación que se presentan en el vivero, son producto de problemas relacionados con dicho aspecto. Los sitios para el establecimiento de un vivero que han sido seleccionados por razones de tipo político o económico, frecuentemente fracasan por obviar algunos de los criterios críticos, y estas deficiencias limitan su éxito. El criterio biológico para la selección del sitio deberá ser siempre fundamental, sin embargo, los constructores deberán considerar también el contexto de los negocios.

Los aspectos que hay que observar en cuanto al sitio potencial para el establecimiento del vivero pueden ser divididos en factores críticos y factores deseables (tabla 1.2.1). Los factores críticos para la selección del sitio son aquellos esenciales para la operación exitosa de un vivero. Los atributos deseables, incluyen aquellos factores del sitio que no son absolutamente necesarios, pero que pueden incrementar la eficiencia y economía de la operación del vivero.

Tabla 1.2.1 Criterios para la selección del sitio.

Factores críticos	Factores secundarios
<ul style="list-style-type: none">• Acceso de radiación solar• Calidad del agua• Fuente confiable y económica de energía• Terreno adecuado• Aspectos ecológicos y políticos	<ul style="list-style-type: none">• Microclima favorable• Topografía suave• Disponibilidad de mano de obra estacional• Accesibilidad• Distancia a los mercados

1.2.2 Criterios Básicos para la Selección

1.2.2.1 Áreas a cielo abierto

Aunque pudiera no mencionarse, los viveros que producen en contenedor deben estar localizados en áreas con una buena iluminación natural, tanto en el transcurso del día como durante toda la estación de crecimiento. Usualmente se considera antieconómico proporcionar suficiente energía luminosa artificial para la fotosíntesis, así que los viveros de contenedor deberán ser ubicados donde reciban total radiación solar durante casi todo el día. Cualquier cantidad de sombra puede reducir la productividad y aumentar los costos. Esta situación se vuelve más crítica en las latitudes más al norte o en los lugares donde existen condiciones permanentes de nubosidad, pero también aplica en los lugares soleados, dado que es relativamente fácil proporcionar sombra si ésta es requerida.

Las áreas de crecimiento no deben ser afectadas por la sombra del arbolado o de edificaciones cercanas al vivero. Si los árboles serán cultivados durante todo un año, deberá determinarse el ángulo de inclinación del sol durante todas las estaciones del año, a fin de que las plantas siempre reciban luz solar (fig. 1.2.1). Walkern y Duncan (1974) proporcionan los cálculos de ingeniería para determinar la longitud de la sombra para varias latitudes, y Nelson (1991) recomienda como regla general, que los invernaderos deberán estar localizados a una distancia de al menos 2.5 veces la altura de cualquier objeto que se encuentre al este, oeste o sur. Las barreras rompevientos establecidas en el lado norte, pueden estar relativamente cerca, siempre que las hojas que caen no sean un problema.

1.2.2.2 Suministro constante de agua de riego de alta calidad

Después de la luz solar, un suministro confiable de agua de buena calidad resulta ser el factor más importante para la selección del sitio. De manera relativa, grandes cantidades de agua son requeridas por las plantas, y también para la regulación de la temperatura del ambiente de crecimiento. Las plantas en contenedor tienen muy pocas reservas de humedad, las cuales son limitadas por el volumen del contenedor, y por las propiedades de retención de humedad del medio de crecimiento (Davidson *et al.*, 1988), por lo que las plantas deberán regarse frecuentemente. En climas cálidos, el agua es además esencial para el enfriamiento por evaporación. En climas fríos, los productores pueden usar el agua de riego durante las primeras semanas de la primavera o las últimas semanas del otoño, para la protección de las plantas contra las heladas en instalaciones a cielo abierto.

Evaluación de la calidad del agua. La definición de calidad del agua es determinada por el uso que se le pretenda dar. El agua que sería completamente aceptable para propósitos domésticos o industriales, puede ser muy dañina para las plantas.

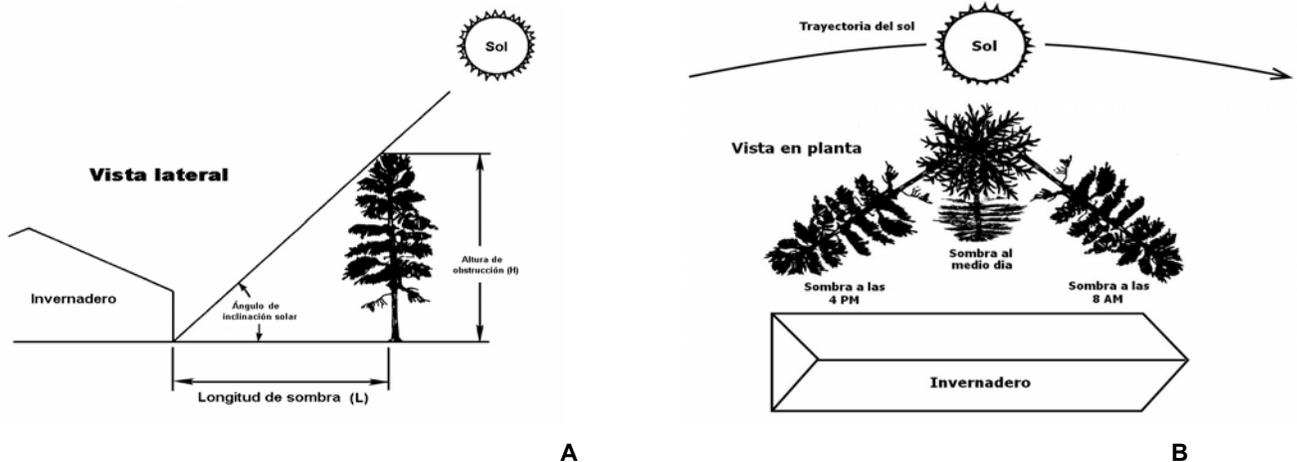


Figura 1.2.1 El cálculo del ángulo del sol en las diferentes estaciones del año es necesario para evitar sombras de objetos cercanos al invernadero (A). Las sombras incluso pueden cambiar de tamaño y posición durante el día (B). (modificado de Walker y Duncan, 1974).

Componentes de la calidad de agua. Para propósitos de evaluación del sitio para la ubicación del vivero, la calidad del agua es determinada por dos factores: las partículas suspendidas (sedimentos o plagas) y por las sales disueltas.

Partículas suspendidas y plagas. Son materiales inorgánicos como arcilla, cieno y partículas finas de arena, las cuales son muy pequeñas para permanecer suspendidas, por lo que deberán ser filtradas en forma mecánica o removidas mediante tratamientos químicos (Tchobanoglous y Schroeder 1985). Los sedimentos suspendidos son abrasivos y pueden desgastar rápidamente el equipo como bombas, inyectores de fertilizante y aspersores.

La fuente del agua de riego determina qué tipo de materiales suspendidos puede contener, y las fuentes comunes para viveros de contenedor incluyen las provenientes del sistema de agua potable, aguas superficiales y de pozos profundos. El agua proveniente del sistema de agua potable comúnmente es filtrada para remover partículas importantes, aunque esto debería ser verificado. El agua superficial comúnmente contiene cieno suspendido o partículas de arcilla, especialmente después de una fuerte lluvia, y dependiendo de las características del acuífero y del tipo de cubierta, incluso el agua proveniente de pozo puede contener arena. Aun y cuando los sedimentos inorgánicos suspendidos pueden ser fácilmente removidos de una fuente potencial de abasto, el costo del tratamiento del agua puede ser considerable, por lo cual deberá ser evaluado como parte de los costos del establecimiento.

Las plagas pueden también estar suspendidas en el agua. El agua de fuentes superficiales, especialmente de estanques en áreas agrícolas (fig. 1.2.2A) puede contener propágulos de plantas enfermedades potenciales para el vivero, las cuales incluyen semillas de malezas y esporas de hongos, algas, musgos y hepáticas. Filtros especialmente diseñados pueden remover objetos grandes, incluyendo semillas de malezas, algas y algunas esporas, pero el costo de los filtros se incrementa a medida que el tamaño de las partículas es más pequeño. La fuente de agua potable se encuentra regularmente bien filtrada, por lo que las plagas y enfermedades no resultarán ser un problema.

La cloración elimina efectivamente hongos patógenos, bacterias, algas y hepáticas. La cloración doméstica produce un nivel de cloro cercano a 1 ppm, el cual no es dañino para la mayoría de las plantas (Frink y Bugbee, 1987). El agua de riego puede ser clorada en el vivero, pero este tratamiento puede incrementar los costos del

establecimiento. El fluoruro es también adicionado a algunas fuentes de agua potable, a una tasa cercana a una parte por millón (1 ppm), para retardar la caries dental. Aunque algunos cultivos ornamentales han sido dañados por la fluoración (Nelson, 1991), las plantas cultivadas con propósitos forestales y de conservación son aparentemente más tolerantes. (La cloración, la filtración y otros posibles tratamientos al agua de riego son discutidos con mayor detalle en el volumen cuatro de este manual).

Sales disueltas. Muchos iones de diferentes minerales pueden estar disueltos en el agua a utilizar para el riego, pero incluso una agua clara puede contener sales dañinas. En las zonas costeras, los sitios potenciales para el vivero pueden tener aguas subterráneas contaminadas por la intrusión de agua salada (Nelson, 1991); en efecto, los viveros deberán de estar ubicados un poco más al interior, a fin de evitar problemas de toxicidad por iones de sodio (Na^+) y cloro (Cl^-) (fig. 1.2.2B). Algunos cationes, tales como los iones de calcio (Ca^{2+}) y de magnesio (Mg^{2+}) que se encuentran presentes en las aguas "duras", pueden ser problemáticos o benéficos, dependiendo de sus concentraciones. Niveles aceptables de calcio y magnesio pueden ser benéficos dado que son nutrientes para las plantas, además de que son comúnmente difíciles de formular en concentraciones líquidas de fertilizantes. Altas concentraciones causan depósitos o "sarro" en los aspersores y en otras superficies. Otros iones, especialmente aquellos de boro (B), pueden ser tóxicos a los cultivos de especies forestales en concentraciones menores a 1 ppm. El hierro (Fe) es un nutriente necesario para las plantas, pero sus altas concentraciones en el agua de riego pueden causar manchas desagradables en el follaje de la planta y en otras superficies del vivero (fig. 1.2.2C).

Evaluación de la calidad del agua. Se han publicado una gran cantidad de guías para la determinación de la calidad del agua, debido a los diferentes estándares que se aplican para cada propósito. Tanto la salinidad total como la concentración de iones individuales de sal, son importantes. Las concentraciones iónicas pueden ser expresadas como miligramos por litro (mg/l) o partes por millón (ppm), los cuales, para nuestro propósito, son equivalentes. La otra unidad estándar es miliequivalentes por litro (meq/l). (La definición de estas unidades y sus conversiones son comentadas en la sección 4.2.4 del volumen cuatro de este manual). Para propósitos de evaluación del sitio, se consideran cuatro factores de importancia:



A



B



C

Figura 1.2.2 Las fuentes potenciales del agua de riego deben ser probadas. El agua de estanques puede estar contaminada con hongos patógenos (A), y el agua subterránea puede contener altas concentraciones de sal, la cual puede quemar el follaje de las plantas (B). Otras fuentes de agua pueden contener iones de bicarbonato o hierro, los cuales pueden manchar las plantas y los contenedores (C).

pH. Este índice de acidez o alcalinidad relativa es el factor más frecuentemente discutido cuando se habla de calidad del agua, pero en términos de importancia hortícola, es sobreestimado. El nivel de pH del agua de riego común se encuentra cercano al valor neutral (pH de 6.5 a 7.5). La mayoría de las especies forestales crecen mejor con una acidez mediana, con niveles de pH de 5.0 a 6.0, además, soluciones ligeramente ácidas pueden ser fácilmente inyectadas mediante el sistema de riego para alcanzar los niveles deseados (tabla 1.2.2). Las aguas de riego con valores de pH menores a 6.0 son raras, pero el agua que excede el valor de 7.5 debe ser evaluada nuevamente. Estos valores altos del pH son comúnmente sintomáticos de concentraciones detrimentales de sodio.

Conductividad Eléctrica (CE). Este índice de salinidad mide la concentración total de iones disueltos, mediante el paso de una corriente eléctrica débil a través de la solución. Un medidor lee la conductividad eléctrica en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$), lo cual es equivalente a microhoms por centímetro ($\mu\text{mho}/\text{cm}$); a medida que se incrementa la lectura las concentraciones de sal en la solución son mayores. El agua de riego con una CE de más de 1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ es considerada muy salina para una producción exitosa en el vivero que produce en contenedores (tabla 1.2.2).

Iones tóxicos y metales pesados. En el agua de riego es muy común encontrar tres iones de sales que pueden ser tóxicos para las plantas en altas concentraciones: sodio (Na^+), cloro (Cl^-) y boro (B) (tabla 1.2.2). La contaminación del agua de riego con elementos como plomo, cromo, cadmio y mercurio, también puede ser un problema, dado que inclusive a bajas concentraciones pueden ser tóxicos para las plantas (U.S. Environmental Protection Agency, 1982). Las evaluaciones estándar de la calidad del agua no incluyen pruebas para estos elementos, por lo que es necesario realizar pruebas especiales si el sitio donde se pretende establecer el vivero tiene un historial de contaminación por metales pesados, o si el agua proviene de un acuífero que contiene minerales metálicos. El agua proveniente de plantas tratadoras de aguas residuales también puede estar contaminada por iones de metales

pesados. El agua además puede estar contaminada por muchos otros compuestos, incluyendo plaguicidas u otros químicos peligrosos. Sin embargo, las pruebas para químicos orgánicos como los pesticidas son extremadamente costosas, debido a que cada contaminante potencial demanda un procedimiento diferente.

Iones complementarios. Aunque no son tóxicos para las plantas, otros iones afectan en forma indirecta la calidad del agua de riego (tabla 1.2.2). El calcio (Ca^{2+}), el magnesio (Mg^{2+}), el sulfato (SO_4^{2+}) y el bicarbonato (HCO_3^-) afectan otros índices de calidad como la dureza y la alcalinidad, incluso el HCO_3^- puede causar manchas foliares. Además de ser nutrientes minerales, el Ca^{2+} y el Mg^{2+} pueden contrarrestar los efectos nocivos de los iones de Na^+ y Cl^- .

Otros índices. Algunos otros parámetros de la calidad del agua son reportados en la literatura:

- **Total de sólidos disueltos (TSD)**, es una antigua medida del total de salinidad, la cual a veces es llamada **total de sales disueltas**. El

TSD se calcula en forma sencilla, mediante las sumas de las concentraciones de los diferentes constituyentes disueltos (Hem,1992), y es reportado en partes por millón (ppm). Una lectura aproximada de la CE en microsiemens por centímetro ($\mu\text{S}/\text{cm}$) pueden ser obtenidos dividiendo el TSD por 0.64.

- **Alcalinidad Total**, es otro índice tradicional de la calidad del agua, el cual es definido como la capacidad para neutralizar el ácido. En el agua corriente, la alcalinidad es producida en su totalidad por los iones de carbonatos y bicarbonatos, y la mayoría de las pruebas de agua reportan la alcalinidad como la suma de estos dos iones (Hem, 1992). La alcalinidad está estrechamente relacionada al pH, por lo que a mayor valor de esta última, será necesario aplicar más ácido para bajar el pH a niveles deseables. Cuando el agua de riego tiene tasas de alcalinidad total superiores a 100 ppm, llega a ser operativamente difícil bajar el pH a un intervalo ideal para el crecimiento de las plantas (Tayama, 1991).

Tabla 1.2.2 Estándares de calidad del agua para viveros que producen especies forestales en contenedor.

Índice de calidad del agua	No exceder el límite*
pH	6.0 a 7.5 †
Salinidad (conductividad eléctrica)	1,500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ($\mu\text{mhos}/\text{cm}$)
Iones tóxicos	
Sodio (Na^+)	50 ppm ‡ – 2.2 meq ‡
Cloro (Cl^-)	70 ppm – 2.0 meq
Boro (B)	0.75 ppm – N/D
Iones complementarios	
Calcio (Ca^{2+})	100 ppm – 5.0 meq
Magnesio (Mg^{2+})	50 ppm – 4.3 meq
Sulfato (SO_4^{2+})	250 ppm – 5.2 meq
Iones que causan manchas foliares	
Bicarbonato (HCO_3^-)	60 ppm – 1.0 meq
Dureza total (Ca + Mg)	206 ppm – —

* Estos valores consideran un sustrato poroso y con buen drenaje. El agua con bajas concentraciones de sales puede causar serios problemas si el drenaje es deficiente o si las prácticas de riego permiten la acumulación de sales.

† Los límites del pH del agua son relativamente fáciles de ajustar con la inyección de ácido (vea explicación en el texto).

‡ Una parte por millón (ppm) = 1 miligramo por litro (mg/l); la conversión entre miliequivalentes (meq) y ppm varía con el peso atómico y la carga eléctrica del ión. El Boro tiene diferentes y variadas formas iónicas en el agua de riego, por lo que no es posible hacer una conversión específica.

Fuente: La información proviene de varias fuentes, vea la tabla 4.2.7 en el volumen cuatro de este manual.

- **Dureza** es un término común para medir la calidad del agua, el cual se refiere al precipitado (“espuma”) formado por la reacción del jabón con los iones de calcio y magnesio en el agua. La mayoría de los análisis de agua reportan “la dureza total como el carbonato de calcio (CaCO_3)” mediante la combinación de las concentraciones de estos dos iones (Hem,1992). Aunque es muy útil para la determinación de la calidad del agua con fines domésticos (propósitos de limpieza) o industriales (grandes depósitos), los términos “duro” y “suave” no tienen usos prácticos para determinar la calidad del agua de riego. Sin embargo, el agua de riego utilizada en un vivero, nunca deberá ser “suavizada”, dado que este proceso reemplaza los iones de calcio y magnesio con iones de sodio. El agua corriente (doméstica) que ha sido ablandada, comúnmente contiene niveles de iones de sodio alto, suficiente para causar daños a las plantas producidas en el vivero.

Observaciones en el sitio. Aunque un análisis completo del agua de riego es siempre necesario, algunas observaciones básicas le pueden dar al constructor o planificador de viveros algunas pistas sobre su calidad. El agua que contiene grandes cantidades de sales comúnmente tiene un sabor pesado y único; si tiene un sabor salado, el cloruro es probablemente mayor a las 250 ppm (U. S. Environmental Protection Agency,1982). Costras blanquecinas en los grifos de los depósitos, indican altas concentraciones de bicarbonato de magnesio y calcio en el agua suministrada. Observe el esfuerzo y la cantidad de jabón que se requiere para generar espuma; si se requiere un mínimo esfuerzo o poco jabón y éste es difícil de enjuagar, el agua es relativamente “suave” y ésta contiene una alta concentración de sodio, comparado con el calcio y el magnesio. Un tono café o café-naranja indica altas concentraciones de hierro. Aunque este problema no es crítico para el crecimiento de las plantas, el agua con altos contenidos de hierro, eventualmente puede manchar los contenedores u otras superficies del mismo invernadero (fig. 1.2.2C). Un sabor u olor a azufre o a “huevo podrido”, indican la presencia de sulfuros, los cuales son tóxicos a altas concentraciones.

Colecta y análisis de muestras de agua para pruebas. Si se observa que el sitio para el establecimiento del vivero es adecuado, invariablemente deberá de realizarse un análisis del agua (fig. 1.2.3). Hay que estar conscientes de que la calidad del agua de diferentes fuentes en un sitio potencial para el vivero puede variar significativamente. El agua superficial puede ser

radicalmente diferente a aquella proveniente de un pozo, y aún la calidad puede cambiar de un pozo a otro. La calidad del agua de un río o arroyo cambia con las estaciones del año, por lo que las muestras deberán de colectarse varias veces durante todo el año. La calidad de una fuente de agua de riego es determinada por una amplia variedad de factores, por lo que es necesario realizar un análisis completo (tabla 1.2.2). Adicionalmente a los índices básicos de calidad del agua y a las concentraciones de iones tóxicos, las concentraciones de otros iones complementarios (específicamente calcio, magnesio y bicarbonatos) deberán también ser determinadas (los procedimientos para el muestreo del agua y una discusión más completa de su análisis son proporcionados en el volumen cuatro de este manual).

En resumen, el análisis del agua deberá contener la siguiente información:

- **Conductividad eléctrica:** Estima el contenido de sales totales, y sirve como un punto de partida para el seguimiento de cambios en la calidad del agua.
- **Iones específicos:** Mide las concentraciones de los tres principales iones tóxicos (sodio, cloro y boro), así como de otros iones complementarios que pueden afectar indirectamente la calidad (tabla 1.2.2). Otros metales pesados deberían ser analizados si se tiene la sospecha de algún problema.
- **pH.** Fácil de obtener pero raramente representa un problema que no pueda ser corregido. Motivo de preocupación y análisis futuros sólo si tiene valores mayores a 7.5.
- **Curva de titulación del ácido.** Da información cuantitativa sobre la cantidad de ácido que es necesario añadir al agua de riego para reducir el pH a niveles específicos. Cuando se realiza la titulación, es necesario asegurarse que se está utilizando el mismo ácido que será utilizado en el vivero, dado que diferentes ácidos varían en su capacidad de neutralizar la alcalinidad.

Estimación de los requerimientos de agua. Una vez que la calidad de la fuente de agua se ha verificado, deberá evaluarse tanto la cantidad total de agua disponible en cada estación del año, como la tasa a la cual esta agua puede ser suministrada. Se necesita contar con una estimación de la cantidad de agua requerida por el vivero durante todo el año (especialmente cuando se paga un derecho por el uso del agua), así como la tasa máxima de consumo para determinar la capacidad de la bomba para el riego, además de estimar los

requerimientos en cuanto a los estanques y cisternas de almacenamiento.



Figura 1.2.3 El primer paso para la determinación del área adecuada para el establecimiento de un vivero, es el coleccionar muestras del agua de riego de todas las fuentes potenciales y obtener su análisis completo.

Demanda total de agua. Durante el proceso de la evaluación del sitio, los constructores deberán calcular la cantidad total de agua de riego que será requerida en cada estación de crecimiento o durante todo el año. Adicionalmente a los requerimientos actuales, deberá realizarse una estimación de los requerimientos totales anuales cuando se hace una proyección de expansión del vivero a futuro. Si la primera opción de suministro no es confiable, es deseable evaluar una posible fuente alterna de suministro; por ejemplo, la disponibilidad de agua puede ser un verdadero problema en aquellos viveros con estructuras al aire libre, cuyas áreas de crecimiento requieren ser irrigadas durante la época de frío para evitar los daños por heladas (Appleton, 1986). Los viveros que cuentan con fuentes provenientes de aguas superficiales que se congelan, pueden optar por la perforación de un pozo para tener una fuente alterna de suministro.

La cantidad total de agua que un vivero que produce en contenedor requiere, estará en función de muchos factores, incluyendo el clima, el tipo de vivero, el sistema de riego, el volumen del contenedor y el patrón de uso de agua del cultivo. La demanda total es expresada en diferentes unidades, pero el volumen de agua que deberá suministrarse en un intervalo de tiempo, por unidad de área o por miles de plantas, es más útil para propósitos de planeación (tabla 1.2.3).

El agua también es necesitada para otros propósitos diferentes a la producción de planta, como puede ser el enfriamiento y usos domésticos y escénicos, por lo que la estimación de estos requerimientos deberá ser realizada con cálculos

comunes de ingeniería. Tinus y McDonald (1979) estimaron que un vivero cuya superficie de invernadero era igual a 464 m^2 ($5,000 \text{ pies}^2$) y con un área de sombreado de 695 m^2 ($7,500 \text{ pies}^2$), requiere de aproximadamente 3,800,000 litros/año (1,000,000 galones/año) para otros usos domésticos y del vivero.

Tasa de demanda de agua. Durante el proceso de evaluación del sitio, se requiere una estimación del pico de la tasa de uso de agua para determinar la salida de la bomba de riego. Por ejemplo, si el pico de uso del agua excede la tasa máxima de suministro del pozo, entonces se requerirá contar con estanques de almacenamiento de agua (fig. 1.2.4). La información del uso pico del agua podrá ser utilizada durante el establecimiento del vivero, para determinar el tamaño de las bombas de riego, de las tuberías de suministro y el diseño del sistema de riego en general (Aldrich y Bartok, 1989).

El pico de la tasa de uso podrá variar en forma significativa con diferentes tipos de sistemas de riego (aspersores, sistemas por goteo), así como con el diseño de los mismos. Aún y cuando el sistema de riego con aspersores fijos es el más común en nuestros días, en los viveros que producen en contenedor, los sistemas de riego móviles a base de aguillón están tomando cada vez mayor popularidad, ya que permiten una menor tasa de uso de agua. La creciente preocupación acerca de las descargas superficiales y la potencial contaminación de las aguas subterráneas, indudablemente requerirá incrementar la eficiencia del riego, con una correspondiente disminución en la tasa de demanda de agua.

Tabla 1.2.3 Demanda total de agua de riego para los viveros que producen en contenedor.

Tipo de vivero	Volumen del contenedor	Demanda de riego por:	
		Área de crecimiento	1,000 plantas
Invernadero completamente automatizado	41 cm ³ (2.5 pulgadas ³)	----	45 l/semana (12 gal*/semana)
Invernadero completamente automatizado	65 cm ³ (4 pulgadas ³)	----	43 – 55 l/semana (11 – 14 gal*/semana)
Invernadero completamente automatizado	164 cm ³ (10 pulgadas ³)	----	57 – 190 l/semana (15 – 50 gal*/semana)
Invernadero completamente automatizado	492 cm ³ (30 pulgadas ³)	----	76 – 95 l/semana (20 – 25 gal*/semana)
Invernadero medianamente automatizado	41 – 65 cm ³ (2.5 – 4 pulgadas ³)	1,225 – 1,640 l/m ² /año (30 – 40 galones/pies ² /año)	-----
Invernadero completamente automatizado con área de sombreado	65 – 164 cm ³ (4 – 10 pulgadas ³)	2,450 – 4,090 l/m ² /año (60 – 100 galones/pies ² /año)	-----

* gal = galón

Fuentes: Encuesta de Viveros en Contenedor, Hahn (1977), Mathews (1983), y Tinus y McDonald (1979).



Figura 1.2.4 Si el gasto del pozo o de las corrientes superficiales no es suficiente para satisfacer los requerimientos máximos de riego, será necesario construir embalses o tanques de almacenamiento.

Los requerimientos máximos de agua pueden ser expresados como el volumen de agua por unidad de área del espacio de crecimiento, por unidad de tiempo. La tasa total de uso de agua estimada para las instalaciones de un vivero específico, no implica asumir que el sistema completo del vivero operará en su totalidad al mismo tiempo, sin embargo, las estimaciones deberán reflejar condiciones extremas, en las cuales el sistema operaría a su máxima capacidad. Por ejemplo, si un tiempo atmosférico extremadamente cálido seca el sustrato tan rápido que toda el área de crecimiento deba regarse cada cuatro horas, para prevenir tensión hídrica severa, entonces el gasto máximo de agua será el que arroje el sistema con todos los aspersores abiertos al mismo tiempo. Una futura ampliación del vivero también deberá considerarse cuando se estima el gasto máximo de agua.

La forma tradicional para estimar el gasto máximo de agua en un sistema de riego por aspersión, es mediante el cálculo de la profundidad de agua en centímetros (o pulgadas) que debe ser aplicada al área de crecimiento durante un intervalo de riego, y después convertir esta profundidad a unidades de volumen por tiempo, esto es, litros por minuto (o galones por minuto) (Pair *et al.*, 1983). Por ejemplo, los viveros forestales que producen en contenedor pueden requerir agua a tasas cuyos intervalos oscilan entre 16 y 20 l/h/m² (0.4 a 0.5 gal/h/pie²) del área de crecimiento, usando contenedores de 20 cm de profundidad (8 pulgadas). Sin embargo, si se está considerando el utilizar contenedores grandes, entonces se necesitará aplicar una mayor cantidad de agua en el mismo intervalo de tiempo, y las boquillas con mayor gasto causarán un incremento proporcional en la tasa máxima de uso del agua. Es decir, si se utilizan contenedores de 30 cm de profundidad (12 pulgadas), entonces el gasto máximo de agua se incrementará a 30 l/h/m² (0.75 gal/h/pie²) en el área de producción (Tinus y McDonald, 1979).

Los gastos máximos deberán de considerar todos los posibles usos de agua que se pueden dar en un mismo tiempo: producción, enfriamiento, paisaje y usos domésticos. Asumiendo una tasa de aplicación de 20 l/h/m² (0.5 gal/h/pie²) para un invernadero de 464 m² (5,000 pies²), el gasto máximo podrá ser de 11,800 l/h (3,125 gal/h) o cerca de 200 l/min (52 gal/min) (Tinus y McDonald, 1979). Los autores calcularon otros usos en el vivero de 150 l/min (40 gal/min). Por lo tanto, después de sumar el agua a utilizar en la producción con el de otros usos en el vivero, el gasto total requerido será de aproximadamente 378 l/min (100 gal/min).

1.2.2.3 Fuente de energía confiable y económica

Los viveros que producen en contenedor requieren relativamente grandes cantidades de energía, aunque las necesidades exactas podrán variar con el clima, la clase de instalaciones para la propagación, el grado de sofisticación de los equipos para el control ambiental, y el tipo y época del cultivo. Las instalaciones completamente automatizadas requieren de grandes cantidades de combustible para el calentamiento y electricidad para la operación del equipo del control ambiental. Aún los viveros que producen en instalaciones al aire libre, requieren de energía eléctrica para la operación del sistema de riego y otros equipos adicionales. La disponibilidad de cantidades relativamente grandes de energía es un aspecto tan importante en la operación de los viveros que producen en contenedor, que otros factores del sitio pueden verse comprometidos para tener una ubicación con buen acceso a los servicios (Hanan *et al.*, 1978). Consecuentemente, la disponibilidad y la confiabilidad, así como la cantidad y costo de las diferentes fuentes de energía en el lugar potencial para el establecimiento de un vivero, son factores fundamentales en la selección del sitio.

Disponibilidad y confiabilidad. Todos los viveros que producen en contenedor requieren energía eléctrica para operar los sistemas de enfriamiento y calentamiento, así como para operar otro tipo de equipos. Aunque el tipo de servicio de energía eléctrica variará de acuerdo al diseño, el servicio trifásico (240 voltios) es el más eficiente para motores grandes, por lo cual es el más recomendable, si se puede disponer de éste (Davidson *et al.*, 1988). Para determinar la demanda de energía eléctrica, es necesario considerar el número y tamaño de los motores eléctricos, alumbrado, equipo para el control ambiental y otros equipos y actividades que demanden el uso de electricidad. Aldrich y Bartok (1989) proporcionan cartas que dan una idea general de los requerimientos de electricidad, pero también se puede consultar con un especialista para obtener una estimación más precisa. Hay que recordar que es necesario considerar una futura expansión. Si no se cuenta con un servicio apropiado en la ubicación seleccionada, entonces el costo por la introducción de una nueva línea de energía eléctrica deberá de ser incluido en la estimación de los costos para el establecimiento del vivero. La confiabilidad del servicio de energía eléctrica varía de un lugar a otro, por lo que será deseable informarse con otros tipos de negocios locales, sobre los problemas potenciales que pueden presentarse. Aún y cuando todos los viveros que producen en contenedor deben contar

con una fuente o generador de energía de respaldo, para el caso de fallas en el suministro de la energía durante períodos cortos, no es posible aceptar problemas periódicos del suministro de energía.

Dado que el calentamiento no es necesario en climas moderados, la electricidad es la única fuente de energía que es requerida. Sin embargo, en áreas con bajas temperaturas, los viveros demandan una fuente adicional de energía para la operación de los calentadores. Aunque la electricidad puede utilizarse para el calentamiento de las instalaciones de las áreas de crecimiento, esta fuente de energía es siempre más costosa, comparada con otras fuentes alternas. La mayoría de los combustibles comunes como el gas natural, propano y gasolinas, han sido utilizados para el calentamiento de los viveros, por lo que cada constructor deberá de considerar la disponibilidad y costo de cada uno de estos combustibles en el área seleccionada. La practicidad y costo de la distribución del combustible al vivero también deberán ser considerados; el gas natural es posible que no esté disponible en ciertas localidades, pero el propano y las gasolinas pueden ser distribuidos en la mayoría de los sitios. Algunos viveros calientan sus instalaciones con fuentes alternas de energía, tales como la madera, el aceite reciclado y el calor residual (para mayor información sobre los combustibles, vea el capítulo tres de este volumen).

Cantidad requerida y costo. Para comparar los costos relativos de las diferentes fuentes de energía, deberá de realizarse una estimación de los requerimientos de energía de las instalaciones propuestas para el vivero. En los invernaderos tradicionales, el mantenimiento de la temperatura a niveles ideales para la propagación de plantas, es por mucho la operación que demanda más energía. El calentamiento demanda grandes cantidades de energía en los viveros que están establecidos en zonas templadas, consumiendo entre 70 y 85% del presupuesto total para energía. El enfriamiento es la operación que ocupa el segundo lugar en cuanto a la demanda de energía, utilizando entre un 5 a 10% del total de energía requerida (Roberts *et al.*, 1989).

La cantidad de energía requerida para mantener las instalaciones de crecimiento a una temperatura óptima, está en función del tipo de sistema de calentamiento y de la tasa de pérdida de calor. Los cálculos de pérdida de calor consideran factores como el área del invernadero, el tipo de estructura y de cubierta, así como el clima predominante en la zona. Un ejemplo para su cálculo puede ser encontrado en las publicaciones sobre

invernaderos, incluyendo a Aldrich y Bartok (1989) y a Roberts *et al.* (1989). Cameron (1982) presenta un análisis a detalle de los requerimientos de energía para producir especies forestales en la época invernal, en las provincias marítimas de Canadá.

Energía solar y otras fuentes alternas de energía. Siempre deberá de considerarse el uso potencial de otras fuentes de energía, diferentes a los combustibles fósiles, durante la selección del sitio para el establecimiento del vivero. Los invernaderos han sido diseñados para captar energía solar, por lo que la orientación de las instalaciones de producción tiene una importancia fundamental que deberá ser considerada (ver la sección 1.2.2.1). La posibilidad de utilizar la energía solar como única fuente de calor, ha sido ampliamente analizada (Plan de Servicio del Medio Oeste, 1983), pero aún el invernadero con el diseño más sofisticado requerirá una fuente complementaria de energía. Aún y cuando está limitada a ciertos sitios, la energía geotérmica es otra fuente potencial de energía para el calentamiento de invernaderos (White y Williams, 1975), pero esta opción puede ser muy cara, a menos que las circunstancias sean muy favorables (McDonald *et al.*; 1976). Instalándolos junto a plantas de energía o grandes industrias, los invernaderos pueden hacer uso del calor residual que es derivado de los procesos de éstas (White, 1976). Aunque estas fuentes alternas de energía deberán ser consideradas mientras existan las oportunidades, el uso de los combustibles tradicionales continuará siendo la fuente de energía más común para la mayoría de las localidades.

1.2.2.4 Terrenos adecuados

La superficie seleccionada para el establecimiento del vivero, deberá ser lo suficientemente grande para contener las áreas de crecimiento y las diferentes instalaciones, con la finalidad de permitir un flujo eficiente del equipo y las materias primas. La forma del terreno puede ser más importante que la misma superficie, dado que los invernaderos tienden a ser instalaciones elongadas. En forma adicional a las necesidades inmediatas, el planeador deberá evaluar los sitios potenciales para el establecimiento del vivero en cuanto a superficie, pensando que existan necesidades futuras de ampliación. En efecto, Nelson (1991) recomienda que se busquen áreas con al menos el doble de superficie estimada para el área de producción. Se recomienda ampliamente hacer un croquis de las posibles áreas de expansión sobre planos del sitio, incluyendo los caminos de acceso y las construcciones de apoyo. Es mucho más fácil

vender excedentes de terrenos en algún momento futuro, que tratar de adquirir un área para una posible expansión, o intentar operar desde dos sitios diferentes. Muchos de los viveros han sido desarrollados en áreas rurales, solamente para encontrarse rodeados por las construcciones urbanas pocos años después (fig. 1.2.5).



Figura 1.2.5. Los viveros que fueron originalmente establecidos en el perímetro de áreas urbanas, comúnmente son rodeados por el crecimiento de las ciudades (Cortesía de Tim McConnell, Servicio Forestal de los Estados Unidos).

1.2.2.5 Restricciones ecológicas y políticas

Estos factores de selección del sitio no eran considerados hasta hace algunos años, sin embargo, han llegado a ser uno de los criterios de evaluación más críticos. La legislación restrictiva del uso del suelo y su preocupación sobre el uso de plaguicidas, así como la potencial contaminación del suelo y aguas subterráneas, han dado como consecuencia la reducción del número de sitios adecuados para el establecimiento de un vivero.

Zonificación de uso del suelo y restricciones para construcción. Muchas áreas, especialmente aquellas alrededor de los centros de población, cuentan con leyes para la parcelación urbanística del terreno y algunas inclusive, prohíben o restringen cierto tipo de negocios. En general, los viveros han sido considerados como cultivos agrícolas y, por lo tanto, pueden ser construidos donde se permite la agricultura, sin embargo, los constructores y diseñadores deberán de comunicar sus planes a las autoridades locales, sólo para estar seguros. El tipo de vivero es también una consideración importante, ya que algunos gobiernos locales restringen algunos tipos de infraestructura de propagación que pudieran ser establecidos en un sitio. Los diseñadores de viveros deberán de tener la capacidad de predecir los cambios en la zonificación a futuro, mediante el análisis y estudio de los patrones de desarrollo de

las regiones circundantes (Nelson,1991). Incluso es una muy buena idea el intercambiar opiniones con los vecinos potenciales, ya que existen propietarios que han estado más involucrados con las cuestiones de zonificación local. Esto no es sólo un problema en las áreas urbanas, ya que muchos ciudadanos se han mudado hacia el campo y con frecuencia objetan cualquier tipo de nuevas construcciones o desarrollo. Esto puede ocurrir incluso en áreas que han sido zonificadas con anterioridad para actividades agrícolas o establecimiento de invernaderos (Roberts,1992).

Muchas comisiones de zonificación requieren que el constructor del vivero presente un plan de construcción detallado y un plano, además que algunas veces es importante el punto de vista de la sociedad. Es necesario estar concientes de que todo esto puede tomar un tiempo considerable. Este proceso puede durar desde tres meses hasta tres años (en el caso de los Estados Unidos) para solventar todos los permisos burocráticos y obtener los permisos necesarios para la construcción (Roberts,1991). Y aún, si se han logrado conseguir los permisos necesarios, los costos pueden ser muy restrictivos, especialmente para los viveros de contenedores que requieren de una gran cantidad de pequeñas estructuras. Aunque los invernaderos generalmente son clasificados como infraestructuras temporales, algunos municipios catalogan a los invernaderos con cubiertas plásticas como estructuras permanentes (Boodley,1981). Una discusión completa sobre los decretos de zonificación y como éstos pueden afectar el establecimiento y la operación de un vivero, es proporcionada por Bartok y Aldrich (1989).

Además de proporcionar información sobre los códigos de construcción y restricciones de zonificación el empleado del municipio (Condado para el caso de los Estados Unidos) puede proporcionar valiosos consejos sobre otros tipos de permisos, leyes de impuestos y licencias para negocios, que pudieran afectar la viabilidad del establecimiento de un vivero en una zona determinada (Davidson *et al.*,1988). Una ciudad en el Estado de California (Estados Unidos), recientemente ha introducido un nuevo impuesto por impacto al comercio, agregando US \$21.5 por m² (US \$2.0 por pie²) al costo de construir cualquier nuevo edificio (Roberts, 1991). Algunos gobiernos locales fomentan el establecimiento de viveros, clasificándolos como negocios agrícolas, los cuales tienen ciertas protecciones contra el incremento de impuestos resultado de futuras rezonificaciones.

Contaminación química potencial. El destino de los productos químicos utilizados en la agricultura y la posibilidad de contaminación del suelo y el agua, deben ser considerados durante la selección del sitio para el vivero. Los principales contaminantes agrícolas que son asociados con las operaciones del vivero son plaguicidas (y sus residuos), nitratos y fosfatos. Los plaguicidas y los nitratos pueden afectar la salud del hombre, y los nitratos y fosfatos pueden significar una verdadera amenaza a la calidad general del agua a través de la eutroficación. Dado que los viveros que producen en contenedor comúnmente aplican la mayoría de sus plaguicidas y fertilizantes a través del sistema de riego, los excedentes de agua tienden a fugarse hacia el suelo en cada una de las aplicaciones al cultivo (fig 1.2.6A). El agua de riego que corre fuera del sitio legalmente es conocida como **descarga**, la cual está siendo regulada en muchas áreas del país (Landis *et al.*,1992). Por ejemplo, la preocupación por la contaminación agrícola en el oeste del estado de Óregon, en los Estados Unidos, dio como resultado el "Plan de Manejo del Agua de Riego de los Viveros en Contenedor", que da a los viveros dos opciones: eliminar todas las descargas al suelo, u obtener un permiso para dichas descargas (Grey,1991).

Los constructores de viveros deberán dirigir una auditoría ambiental del área potencial para el establecimiento del vivero, a fin de determinar los niveles de referencia de los contaminantes potenciales y definir el potencial de problemas futuros (Aylsworth,1993). Los viveros que han sido construidos en suelos ya contaminados, pueden ser responsables de toda contaminación resultante, por lo que muchas áreas requieren una auditoría ambiental antes de que se apruebe el préstamo para la adquisición de una nueva propiedad. Es necesario establecer comunicación con las agencias u oficinas agrícolas y para la protección ambiental y, si hay preocupación, será deseable contratar a un profesional para realizar pruebas al suelo y agua (Kammel,1991). Existen nuevas técnicas para el manejo de contaminación agrícola. Algunos viveros visionarios han sido construidos en áreas que cuentan con instalaciones para el tratamiento de agua, incluyendo estanques de recirculación (Skimina,1992) y formación de lagunas de oxidación (Dumroese *et al.*,1992) (fig. 1.2.6B). El desarrollo de lagunas de oxidación y otras instalaciones para el tratamiento de agua, requiere de superficies considerables, lo cual debe ser tomado en cuenta durante la evaluación de la selección del sitio para el vivero, y sus costos de construcción también deberán ser incluidos en los planes para el desarrollo del sitio.



A



B

Figura 1.2.6 El manejo de los escurrimientos superficiales del agua de riego en los viveros de contenedor es un problema creciente, por la contaminación potencial (A). Una solución innovadora es el tratamiento de las descargas de riego mediante la construcción de lagunas de oxidación (B).

1.2.3 Criterios Secundarios para la Selección del Sitio

Aunque no son tan importantes como los criterios discutidos en la sección anterior, los siguientes factores deberán ser considerados durante la evaluación del sitio para el vivero. Estos pueden incrementar fuertemente la eficiencia de las operaciones del vivero y reducir sus costos.

1.2.3.1 Microclima favorable

El sitio para el futuro vivero debe ser abierto y protegido, con un clima lo más homogéneo posible (fig. 1.2.7A). Dentro de cualquier área geográfica, los viveros deben de estar ubicados en terrenos que no tengan problemas de temperaturas extremas o fuertes vientos (Davidson *et al.*,1988). Por otra parte, se requiere que exista un grado de viento moderado para la ventilación durante las épocas calurosas (Hahn,1982). Los árboles del extremo de barlovento del vivero pueden actuar como rompevientos naturales y proteger contra vientos dañinos o acumulación de nieve, siempre y cuando no sombreen el área de cultivo (fig. 1.2.7B). Sin embargo, los árboles u otro tipo de obstrucciones en los límites más bajos del sitio, sirven como barreras a la circulación del aire frío, por lo que los valles o cualquier otro tipo de áreas bajas deben de evitarse, dado que en éstas es muy fácil que el aire frío se estacione (Nelson,1991).

Obviamente, los terrenos cercanos a las industrias o cualquier otro tipo de instalaciones que puedan generar posibles contaminantes, nunca deben ser considerados para el establecimiento de un vivero. La contaminación del aire es un creciente y serio problema en áreas urbanas o industriales, por lo que ningún vivero deberá estar ubicado en áreas confinadas, donde se acumula el “smog” fotoquímico debido a la escasa circulación del aire (Davidson *et al.*,1988).

1.2.3.2 Topografía suave

La topografía general de un sitio potencial es importante por razones económicas y biológicas. Un sitio relativamente plano reduce el costo de nivelación del terreno durante la construcción e incrementa la facilidad para el movimiento de equipo, materias primas, materiales y vehículos después de que el vivero ha sido establecido (Nelson,1991). Las pendientes con exposición sur (en el hemisferio norte) son preferidas, dado que es posible captar una mayor cantidad de radiación solar, reduciendo con ello los costos para el calentamiento (fig. 1.2.7A); esto llega a ser más crítico en aquellas localidades donde los costos de la energía son altos (Boodley,1981). Los viveros

modernos deberán ser diseñados de forma tal que el agua de riego excedente pueda ser colectada y reciclada, haciendo deseable una topografía con ligera pendiente.



A



B

Figura 1.2.7 Un sitio adecuado para el vivero deberá tener la mayor exposición solar, además deberá estar protegido del viento y contar con una ligera pendiente para facilitar la colecta del agua excedente (A). En áreas expuestas, una adecuada barrera rompevientos puede proporcionar protección contra el viento y movimiento de la nieve (B).

1.2.3.3 Disponibilidad de mano de obra estacional

El éxito de un vivero que produce en contenedor depende de la calidad de la mano de obra disponible (Boodley, 1981). En forma adicional al personal técnico permanente, un vivero requiere de mano de obra confiable y habilidosa para aquellos periodos del proceso durante el año, que demandan gran cantidad de trabajo, en donde tareas como la siembra o la selección deben ser realizadas en un período muy corto (fig 1.2.8). Durante el proceso de evaluación del sitio, una buena idea es contactar con una agencia de empleo local y con otros negocios agrícolas en la región, a fin de conocer la disponibilidad de la mano de obra y sus grados de habilidad. Es preciso informarse sobre las demandas estacionales de la mano de obra en la región y comparar los patrones temporales con los propios requerimientos. La existencia de otros empleadores de tiempo parcial de los trabajadores puede ser una ventaja, si los otros negocios son capaces de utilizar la mano de obra en los momentos en que el vivero demanda pocos trabajadores. Sin embargo, debido a los permanentes problemas con la disponibilidad de trabajadores locales, algunos viveros están experimentando dar a contrato aquellas tareas que demandan mucha mano de obra (Davidson *et al.*, 1988).

El número de empleados requeridos depende del tamaño y de la complejidad de las operaciones. En promedio y como una regla práctica, se necesita de un trabajador por cada 200,000 plantas, y al menos un supervisor técnico por cada 3,000,000 de plantas. Los viveros también pueden considerar la contratación de una persona adicional, como un supervisor auxiliar.



Figura 1.2.8 La mano de obra local debe ser adecuada para satisfacer al vivero durante los periodos críticos, tales como la cosecha y el empaclado.

1.2.3.4 Accesibilidad

Un buen sitio debe ser accesible para los suministros de las materias primas del vivero y para la entrega de planta. La gran mayoría de los suministros de los viveros que producen en contenedor son entregados en camiones, los cuales demandan de caminos transitables durante todo el año, y que permitan el acceso de embarque de las plantas hacia rutas y carreteras importantes. Los caminos de acceso no deberán tener fuertes pendientes o curvas cerradas que puedan limitar una operación segura de vehículos grandes. La limitación por peso puede ser una restricción en algunas partes del país (Estados Unidos), por lo cual se deberá verificar esta situación con el departamento local de caminos (Davidson *et al.*, 1988). Los suministros básicos y servicios de mantenimiento deberán estar disponibles en lugares cercanos. Los lugares alejados pueden repercutir en el costo de suministro de las materias primas, particularmente en aquellos sitios donde los combustibles son requeridos periódicamente (Nelson, 1991).

Una buena ubicación requerirá de un sistema de caminos que sean transitables todo el año, tanto para el manejo de los suministros como para la entrega de la planta (fig. 1.2.9A). Para proyectos forestales y de conservación, la “época de plantación” es determinada por la disponibilidad de humedad en el suelo o cuando el sitio por plantar está libre de escarcha (para aquellos lugares con presencia de nieve en épocas invernales), por lo que, con frecuencia, las plantas deben ser cosechadas y empaçadas durante las estaciones de lluvias y nevadas (fig 1.2.9B). Para los viveros con clientes en terrenos montañosos, la entrega de planta puede realizarse durante varios meses; por ejemplo, los viveros del Pacífico Noroeste inician la entrega de planta durante febrero en terrenos costeros de baja altitud, y continúan la entrega hasta los meses de mayo o junio, en aquellos sitios montañosos que ya no presentan nevadas. Por lo tanto, un sitio adecuado para el vivero debe ser accesible en cualquier época del año.

Los viveros también deberán ser accesibles para los trabajadores, especialmente para aquellos empleados “clave” que responden en situaciones de emergencia. A pesar de lo bien que haya sido diseñado un vivero para una operación confiable, existirán momentos en los cuales los trabajadores “clave” deberán tener la capacidad de responder en horas o incluso minutos. Si la accesibilidad es un problema potencial, entonces será necesario proveer dormitorios en el sitio, y este costo deberá ser considerado durante la evaluación del sitio.

1.2.3.5 Distancia a los mercados

La distancia entre la ubicación potencial del vivero y los centros de entrega también es un factor que debe ser considerado. El constructor o planeador deberá ubicar a los clientes potenciales e informarse sobre las necesidades y requerimientos de planta. En algunas situaciones, los demandantes deberán acudir a recoger la planta al mismo vivero, sin embargo, otros esperan que el vivero sea quien les envíe la planta hacia un punto de almacenamiento intermedio o, inclusive, al mismo sitio de plantación. La mayoría de las grandes agencias gubernamentales o empresas forestales, cuentan con sus propios sistemas de transporte refrigerado y las instalaciones adecuadas para el almacenamiento, pero los clientes pequeños muy probablemente requieran que la entrega de planta se realice directamente en los sitios de plantación. Una pequeña cantidad de viveros realizan sus entregas mediante servicios de entrega especializados. En estos casos, los costos de transporte y la confiabilidad de las diferentes compañías de transporte también deberán ser evaluados.

La entrega de planta puede presentar un interesante dilema cuando se trata de ubicar un vivero forestal: si ubicar las instalaciones en un clima favorable donde los costos de calentamiento y otro tipo de servicios son bajos, o si seleccionar una ubicación más remota, donde los costos de entrega son mínimos. En forma tradicional, los viveros han sido ubicados en terrenos cercanos a los sitios de plantación para minimizar las distancias de transporte, pero con los actuales vehículos de entrega o remolques refrigerados, lo anterior ya no es necesario. Por supuesto, el costo de entrega se incrementa con la distancia, lo que puede representar un problema potencial, por lo cual todos estos aspectos deberán evaluarse cuidadosamente (ver sección 1.1.4.3 para una mayor discusión).



A



B

Figura 1.2.9 Los viveros requieren de buenos caminos internos que permitan la operación del equipo para el manejo de los suministros y para la carga de planta (A); estos caminos deberán ser transitables en cualquier época del año (con lluvias o nevadas) (B).

1.2.4 Evaluación de Sitios Alternos

Todos los diferentes factores para la selección del sitio en una variedad de áreas potenciales deben ser considerados analíticamente. Algunas veces uno o dos factores son tan importantes que la selección es obvia, pero comúnmente cada sitio tiene tanto sus aspectos positivos como negativos, por lo cual la decisión se hace más difícil. En estos casos, los diferentes sitios y los criterios de selección deberán ser incluidos en una matriz de decisión, como la presentada en el proceso de decisión denominado Kepner-Tregoe (Kepner y Tregoe, 1965).

La matriz de decisión (tabla 1.2.4) es construida mediante un listado de los diferentes sitios potenciales para el establecimiento del vivero (en la parte superior de la matriz) y por los criterios para la selección del sitio en el extremo izquierdo. El siguiente paso es asignar a cada criterio de selección un valor de importancia o “ponderado”, en una escala de 1 a 10, recibiendo las máximas calificaciones los factores más críticos, y los de menor importancia, valores progresivamente más

bajos. Acto seguido, la conveniencia de cada ubicación potencial es evaluada y calificada en una escala del 1 al 10, basándose en la información que ha sido obtenida. Una vez que se han completado todos los valores, los datos de cada celda de la matriz son calculados mediante la multiplicación de la ponderación de cada factor del sitio seleccionado, por el valor de cada sitio. Finalmente, los valores son sumados para cada sitio y, si la ponderación y los valores han sido asignados en forma objetiva, entonces el mejor sitio para el establecimiento del vivero será aquel que tenga la máxima calificación. Si todos los sitios llegan a tener valores muy similares, entonces el proceso deberá repetirse, poniéndose un mayor cuidado en la calificación para la obtención de la ponderación relativa y en la calificación de los factores. Si aún así los valores resultantes se siguen manteniendo homogéneos, los diferentes sitios son probablemente adecuados para el establecimiento del vivero.

Tabla 1.2.4 Matriz de decisión para la evaluación de diferentes sitios potenciales para el establecimiento del vivero

Criterio para la selección del sitio	Valor del “peso ponderado”**	Sitio A		Sitio B		Sitio C	
		Índice	Puntuación Ponderada	Índice	Puntuación Ponderada	Índice	Puntuación Ponderada
Factores críticos							
Adecuado acceso de radiación solar	10	9	90	7	70	9	90
Calidad del agua	9	9	81	7	63	4	36
Suministro de agua	8	10	80	8	64	9	72
Disponibilidad de energía	8	9	72	9	72	10	80
Terreno adecuado	7	8	56	8	56	10	70
Restricciones de zonificación	7	10	70	6	42	8	56
Reglamentación ecológica	6	9	54	7	42	9	54
Factores secundarios							
Microclima	6	9	54	8	48	9	54
Topografía	5	10	50	9	45	10	50
Disponibilidad de mano de obra	4	9	36	8	32	10	40
Accesibilidad	4	8	32	6	24	8	32
Distancia al mercado	3	9	27	7	21	10	30
Totales			702		579		664
Ubicación deseable			#1		#3		#2

* Las ponderaciones son valores de importancia relativa del 1 al 10, con el 10 como valor de calificación máximo

1.2.5 Resumen

La selección de un sitio adecuado para la instalación de un vivero forestal es un gran reto. El vivero exitoso que produce en contenedor deberá acoplarse cuidadosamente a las condiciones ambientales de la zona, por lo que los diseñadores deberán analizar cuidadosamente los datos estadísticos climáticos del lugar. Un sitio potencial consiste de factores críticos y deseables. La selección de los factores críticos para el establecimiento, como son las áreas abiertas para la captación de la radiación solar y una buena calidad de agua, son esenciales para la exitosa operación de un vivero. Los atributos deseables incluyen aquellos criterios de selección que no son absolutamente necesarios, pero que pueden incrementar la eficiencia y economía de la operación. La cantidad de terreno seleccionado para el establecimiento de un vivero que producirá en contenedor, deberá ser lo suficientemente grande para las áreas de producción y las edificaciones e instalaciones de apoyo, además de que deberá permitir un adecuado movimiento de equipo, materiales y suministros. Aparte de las necesidades inmediatas, los diseñadores deberán evaluar los sitios potenciales, partiendo de la base de contar con espacio para una posible ampliación futura. Los factores ecológicos y políticos, como son la zonificación del uso del suelo y la preocupación sobre el uso de plaguicidas y la potencial contaminación de las aguas subterráneas, han ocasionado una reducción significativa en el número de sitios adecuados para el desarrollo de un vivero. Una vez que se disponga de un conjunto de sitios potenciales, estos requerirán ser comparados analíticamente. Algunas veces uno o dos factores son tan importantes que la selección resulta obvia, sin embargo, cada sitio tiene sus ventajas y desventajas. El uso de una matriz de decisión puede apoyar al planificador para analizar los diferentes sitios y lograr una decisión objetiva.

1.2.6 Literatura Citada

- Aldrich, R.A.; Bartok, J.W. Jr. 1989. Greenhouse engineering. Pub. NRAES-33. Ithaca, NY: Cornell University, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 203 p.
- Appleton, B.L. 1986. Container nursery design. Chicago: American Nurseryman Publishing Co. 122 p.
- Aylsworth, J.D. 1993. Get ready for an environmental audit. *Greenhouse Grower* 11(5): 73-74,76.
- Bartok, J.W., Jr.; Aldrich, R.A. 1989. Greenhouses and local zoning ordinances. Pap. 89-4031. In: Proceedings, International Summer Meeting of American Society of Agricultural Engineers and Canadian Society of Agricultural Engineering; 1989 June 25-28; Quebec City, PQ. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers. 8 p.
- Boodley, J.W. 1981. The commercial greenhouse. Albany, NY: Delmar Publishers. 568 p.
- Cameron, S. I. 1982. Conserving energy in Container greenhouses. In: Scarrat, J.B.; Glerum C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian containerized Tree seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre : 91-103.
- Davidson, H.; Mecklenburg, R.; Peterson, C. 1988. Nursery management: administration and culture. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 413 p.
- 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: 27-33.
- Frink, C.R.; Bugbee, G.J. 1987. Response of potted plants and vegetable seedlings to chlorinated water. *HortScience* 22(4) : 581-583.
- Grey, D. 1991. Eliminate irrigation runoff: Oregon's new plan. The digger [Portland, OR: Oregon Association of Nurserymen] March 1991:21-23, 26.
- Hahn, P.F. 1982. Practical guidelines for developing Containerized nursery programs. In: Guldin, R.W.; Barnett, J.P., eds. Proceedings, Southern containerized Forest Tree Seedling 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.
- Hem, J.D. 1992. Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water. Geological Survey Water-Supply Pap. 2254. Washington, DC: USDI Geological Survey. 263 p.
- Kammel, D.W. 1991. Site selection. In: Kammel, D.W.; Noyes, R.T.; Riskowsky, G.L.; Hoffman, V.L., eds. Designing facilities for pesticide and fertilizer containment. Pub. MWPS-37. Ames, IA: Iowa State University, Agricultural and Biosystems Engineering Department: 5-8.
- Kepner, C.H.; Tregoe, B. B. 1965. The rational manager. New York: McGraw Hill. 252 p.
- Landis, T.D.; Campbell, S.; Zensen, F. 1992. Agricultural pollution of surface water 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.
- Matthews, R.G. 1983. Seedling production for crown lands in British Columbia: guidelines for commercial container nurseries. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forests, Silviculture Branch, 45 p.
- Midwest Plan Service. 1983. Structures and environment handbook, 11th ed. Pub. MWPS-1. Ames, IA: Iowa State University.

- McDonald, S.E.; Austin, C.F.; Lott, J.R. 1976. Potential for heating western tree seedling greenhouses with geothermal energy. Missoula, MT: USDA Forest Service, Missoula Equipment and Development Center. 15 p.
- Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management, 4th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 612 p.
- Pair, C.H.; Hinz, W.H.; Frost, K.R.; Sneed, R.E.; Schiltz, T.J. 1983. Irrigation, 5th ed. Arlington, VA: The Irrigation Association. 686 p.
- Roberts, D.R. 1992. I Object !: greenhouse owners voice discontent with building codes, zoning quirks. *Greenhouse Manager* 11(1):75-76; 78-80.
- Roberts, D.R. 1991. Code confusion. *Greenhouse Manager* 10(1) :52, 54, 56.
- Roberts, W.J.; Bartok, J.W., Jr.; Fabian, E.E.; Simpkins, J. 1989. Energy conservation for commercial greenhouses. Pub. 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.
- Tayama, H. 1991. Test irrigation water to ensure acceptable pH, alkalinity levels. *Greenhouse Manager* 10(6):119.
- Tchobanoglous, G.; Schroeder, E.D. 1985. Water quality: characteristics, modeling, modification. Reading, MA. Addison-Wesley Publishing Company. 768 p.
- Tinus, R.W.; McDonald, S.E. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. Gen. Tech. Rep. RM-60. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 256 p.
- U.S. Environmental Protection Agency. 1982. Manual of individual water supply systems. Pub. EPA-570/9-82-004. Washington, DC: US EPA, Office of Drinking Water. 155p.
- Van Erden, E. 1982. The fundamentals of container seedling production. In: Scarratt, J.B.; Glerum C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto, ON. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 83-90.
- Walker, J.N.; Duncan, G.A. 1974. Greenhouse location and orientation. Pub. AFN-32. Lexington, KY: University of Kentucky, Department of Agricultural Engineering. 4 p.
- White, J.W. 1976. Use of heat from electrical generating plants for heating greenhouses. Wheeling, IL: Ikes-Braun Glasshouse Co. 4 p.
- White, D.E.; Williams; D.L. 1975. Assessment of geothermal resources in the United States. Circ. 726. Arlington, VA: USDI Geological Survey. 155 p.



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
1.3.1 Introducción	52
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
1.3.2 Tipos de Estructuras para la Propagación	55
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
1.3.3 Selección de la Estructura de Propagación	61
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
1.3.4 Diseño de la Estructura para la Propagación	76
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

	Página
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
1.3.5 Instalaciones de Servicio	85
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
1.3.6 Diseño y Orientación	94
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
1.3.7 Resumen	98
1.3.8 Literatura Citada	99

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).

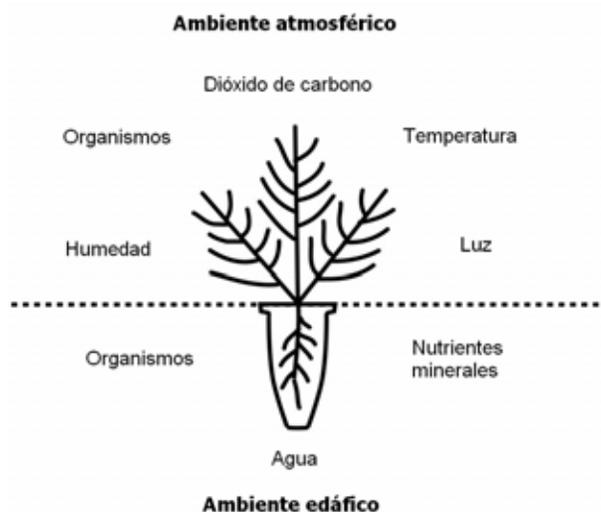


Figura 1.3.1 La planta en contenedor es afectada por factores "limitantes" en la atmósfera y en el medio de crecimiento.

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.

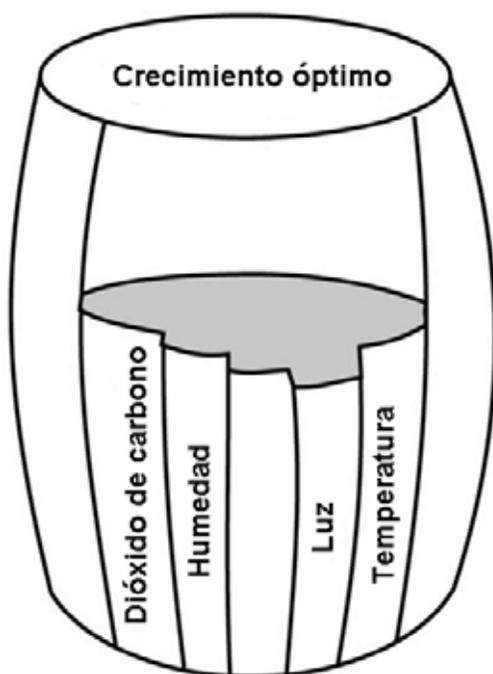


Figura 1.3.2 Los factores limitantes pueden ser visualizados como las duelas de un barril de madera, las cuales controlan la tasa de crecimiento, representada por el nivel de agua del barril (modificado de Whitcomb, 1988).

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
Atmosféricos			
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
Edáficos			
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, principalmente 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
Biológicos			
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
Económicos			
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 endirecidos, 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).

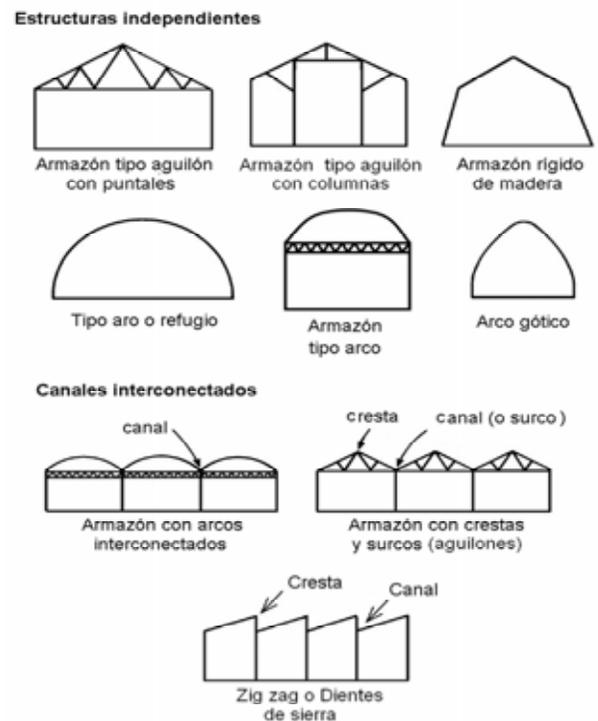


Figura 1.3.9 Las estructuras de propagación se encuentran disponibles en una gran variedad de formas y tamaños, y pueden ser clasificadas como independientes o de canales interconectados (modificado de Aldrich y Bartok, 1989).

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).

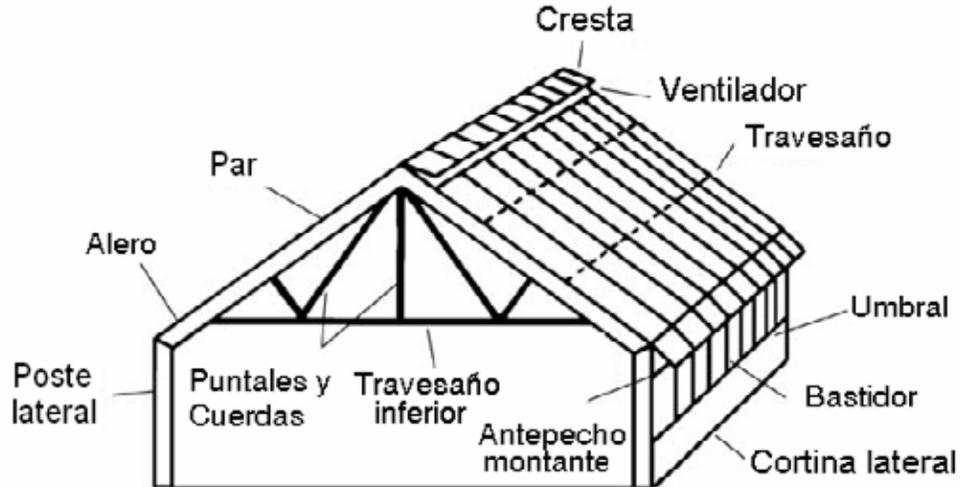
Consideraciones de operación. Los pisos de concreto son ventajosos, ya que son muy resistentes, fáciles de limpiar y de coloración clara. Si se utilizan montacargas u otro tipo de vehículos ligeros en el interior de la estructura, entonces el concreto deberá ser lo suficientemente grueso - al menos 10 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

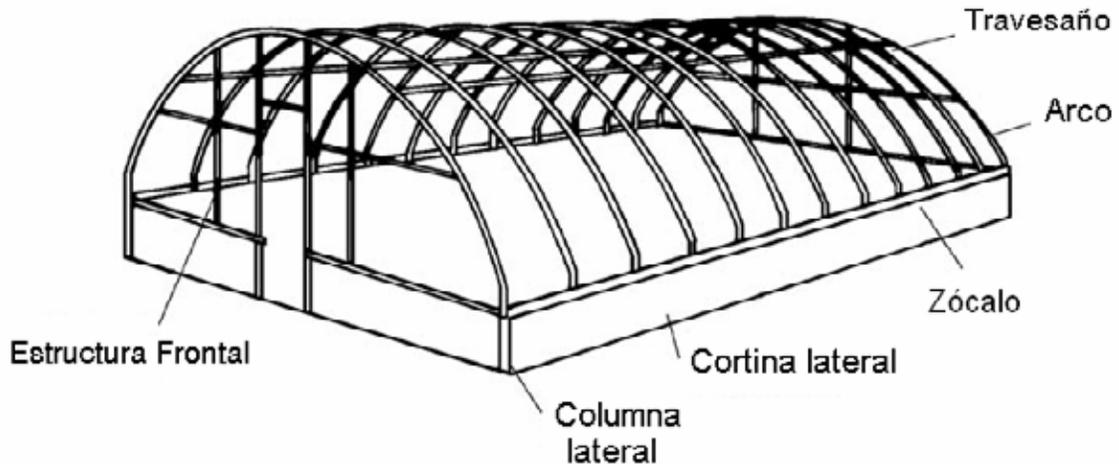


Figura 1.3.12 El armazón de las estructuras de propagación soportan la cubierta, y los dos tipos básicos son los de puntales y el tipo túnel (modificado de Nelson 1991, Hummert, 1993).

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
Estructuras independientes						
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
Estructuras interconectadas						
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 ²)	(\$/pie ²)
Páneles rígidos							
Vidrio *	Excelente transmisor, resistente a variaciones climáticas y degradación	Baja resistencia a los impactos, relativamente caro y pesado	88 75-80 91-94	3 <3 <3	> 25 >25 >25	8.07–21.52 37.66-75.32 13.45-37.66	0.75–2.00 3.50-7.00 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 60-80	<3 ---	10-15 7-12	9.15-13.45 53.80	0.85-1.25 5.00
Acrílico†	Excelente transmisor, resistente a variaciones climáticas y fácil de fabricar	Se raspa fácilmente y es inflamable	93 87	<5 <3	>20 >20	16.14-21.52 21.52-37.66	1.50-2.00 2.00-3.50
Policarbonato†	Resistente al alto impacto, poco inflamable	Se raspa fácilmente, alta capacidad de expansión y contracción	91-94 83	<3 23	10-15 10-15	13.45-16.14 18.83-26.90	1.25-1.50 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
Películas plásticas							
Poliétileno	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 m³/minuto (200 a 400 pies³/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

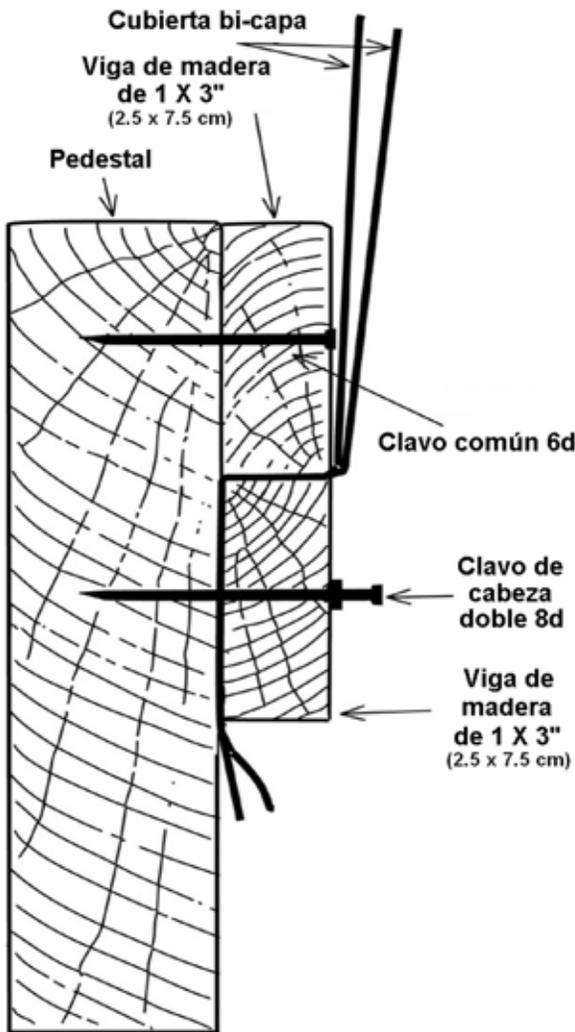


C

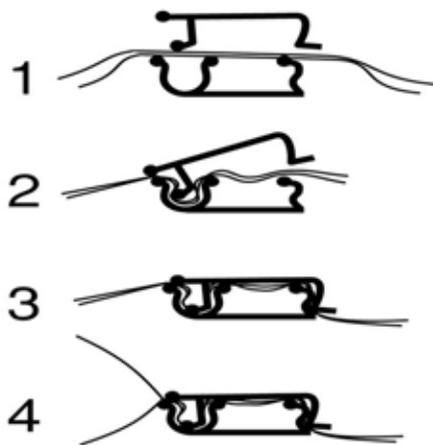


D

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/m² (US\$ 1.50/pie²). 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/m² o hasta \$US 84/m² (US\$ 5.40/pie² a USD 7.86/pie²). 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.

Almacén y cimentación	Tipo de cubierta	Costo/m ² (US)	Costo/pie ² (US)
Invernaderos			
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
Refugio			
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
Casa sombra			
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 ³	pulgada ³	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

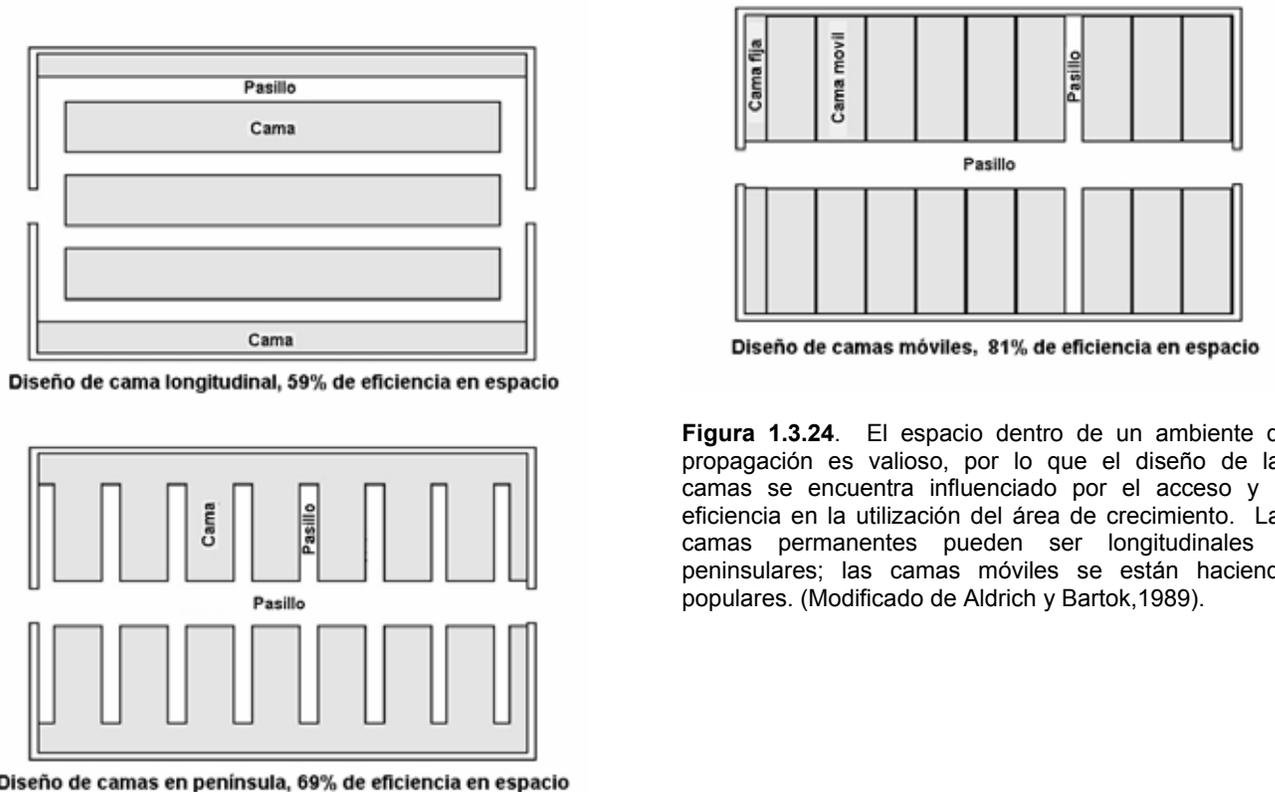


Figura 1.3.24. El espacio dentro de un ambiente de propagación es valioso, por lo que el diseño de las camas se encuentra influenciado por el acceso y la eficiencia en la utilización del área de crecimiento. Las camas permanentes pueden ser longitudinales o peninsulares; las camas móviles se están haciendo 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 4.44m², de la cual los contenedores ocupan 4.32m², para una eficiencia del 97%, la cual es muy buena.

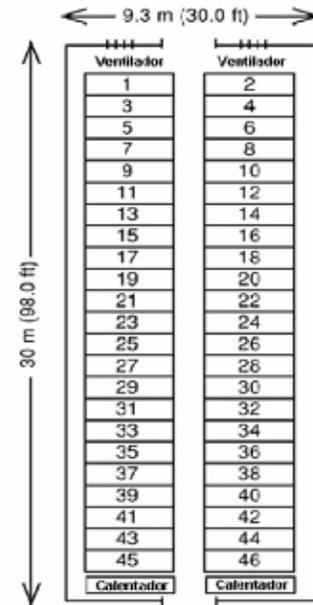
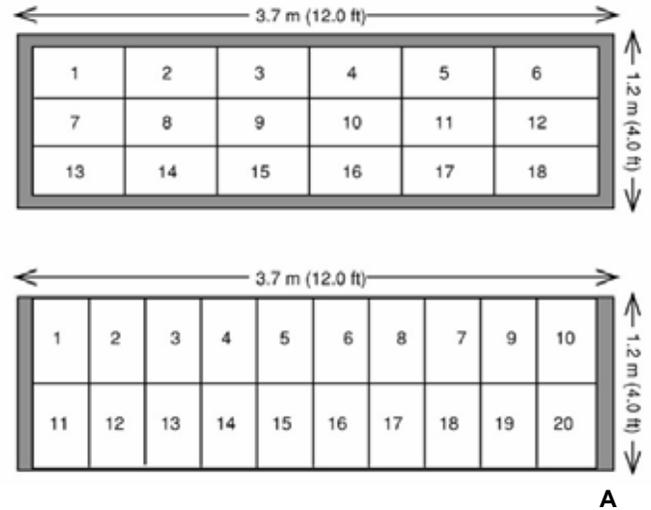


Figura 1.3.26 Los viveros con diseño en plataforma producen sus cultivos para posteriormente poder manejar el máximo número de contenedores (A); el diseño y orientación de las plataformas en el área de propagación debe de permitir un espacio amplio para el acceso y el equipamiento para el control ambiental (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 ²	
m ²	pies ²	m ²	Pies ²
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 m² = 1,000 pies²

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.

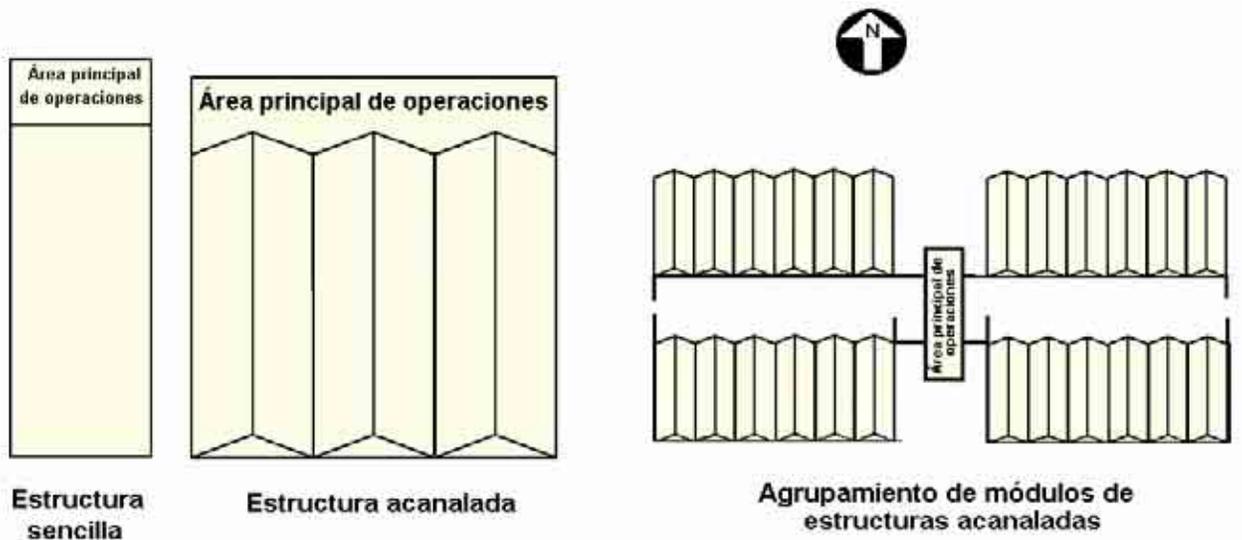


Figura 1.3.27 El área principal de operaciones deberá ubicarse cercana a las estructuras de propagación, pero en el lado norte para eliminar la sombra; en viveros grandes, esta área deberá ubicarse en la parte central (modificado de Boodley,1981).



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 9.3m² (100 pies²) 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.

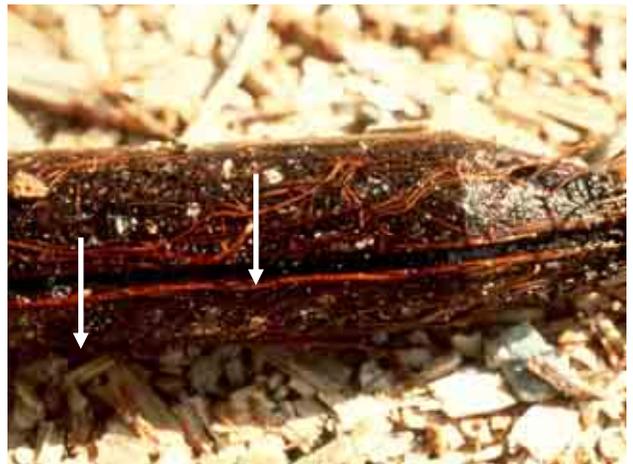
Almacenamiento refrigerado. Por muchos años las plantas producidas a raíz desnuda han sido almacenadas bajo refrigeración, pero esto es relativamente nuevo en los viveros de contenedor. Cuando la planta forestal se produjo por primera vez en contenedor, se asumió que este tipo de planta podía ser establecida 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.

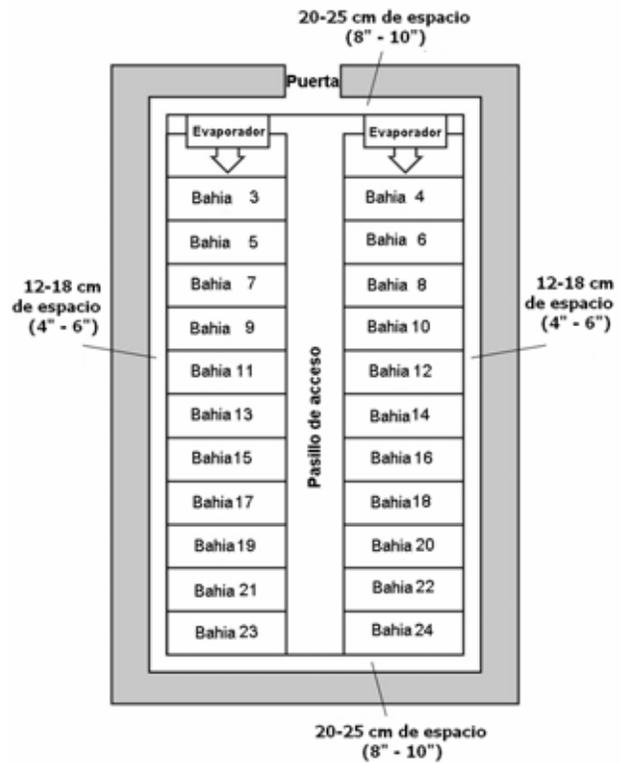
El enfriamiento que se requiere para conservar la planta a la temperatura deseada es llamado **requerimiento de refrigeración** o carga de refrigeración, y se expresa en toneladas de refrigeración o Unidades Térmicas Británicas (BTU). Una tonelada de refrigeración absorbe 12,660kj/h (12,000 BTU/h). Los 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.



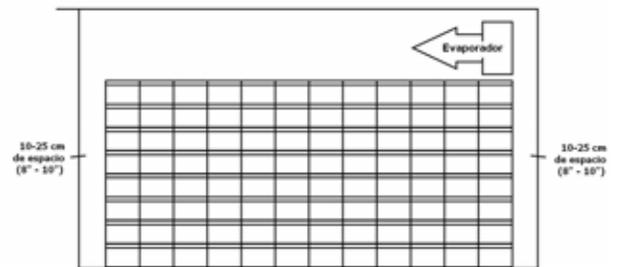
A



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).

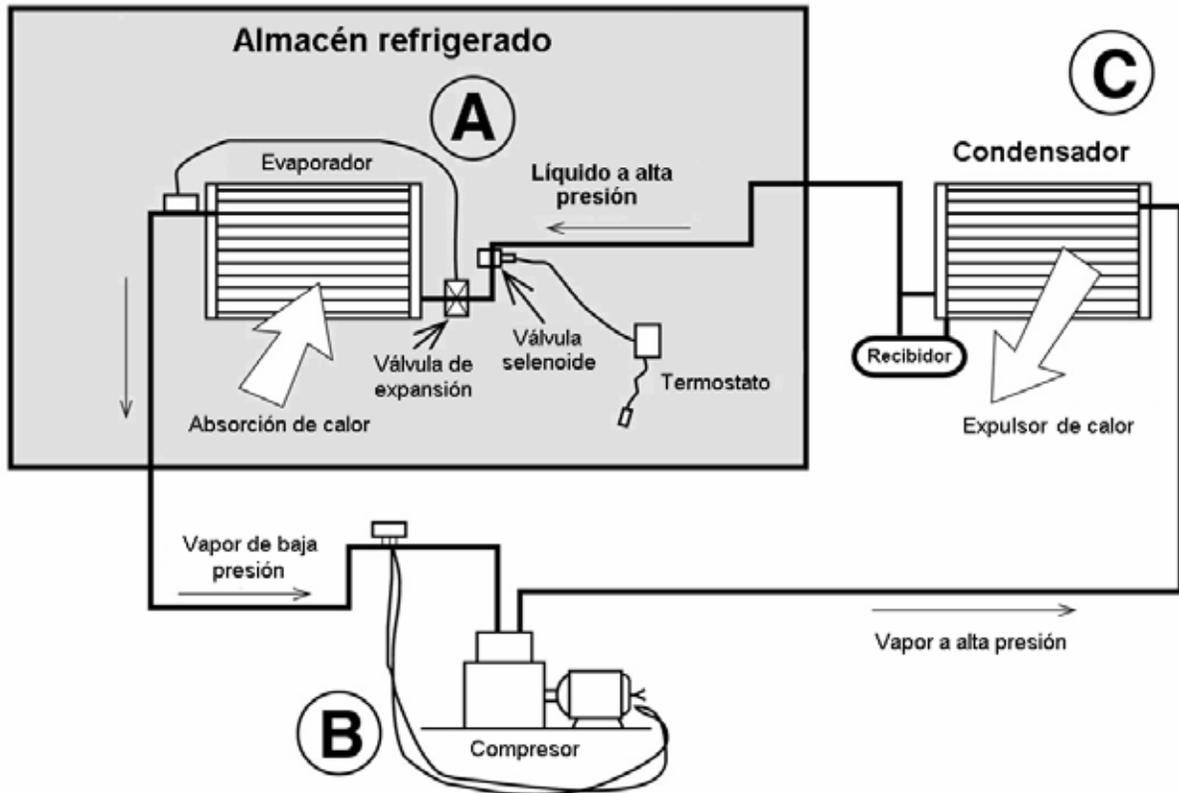


Figura 1.3.32. Los componentes básicos de un sistema de refrigeración incluyen el evaporador (A), el compresor (B) y el condensador (C) (modificado de Bartsch y Blanpied, 1990).

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 ³	Plantas por m ³
Styrofoam®	cm ³	Pulgadas ³			
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 m³ (10.2 x 20.8 x 18.0 pulgadas = 2.2 pies³)

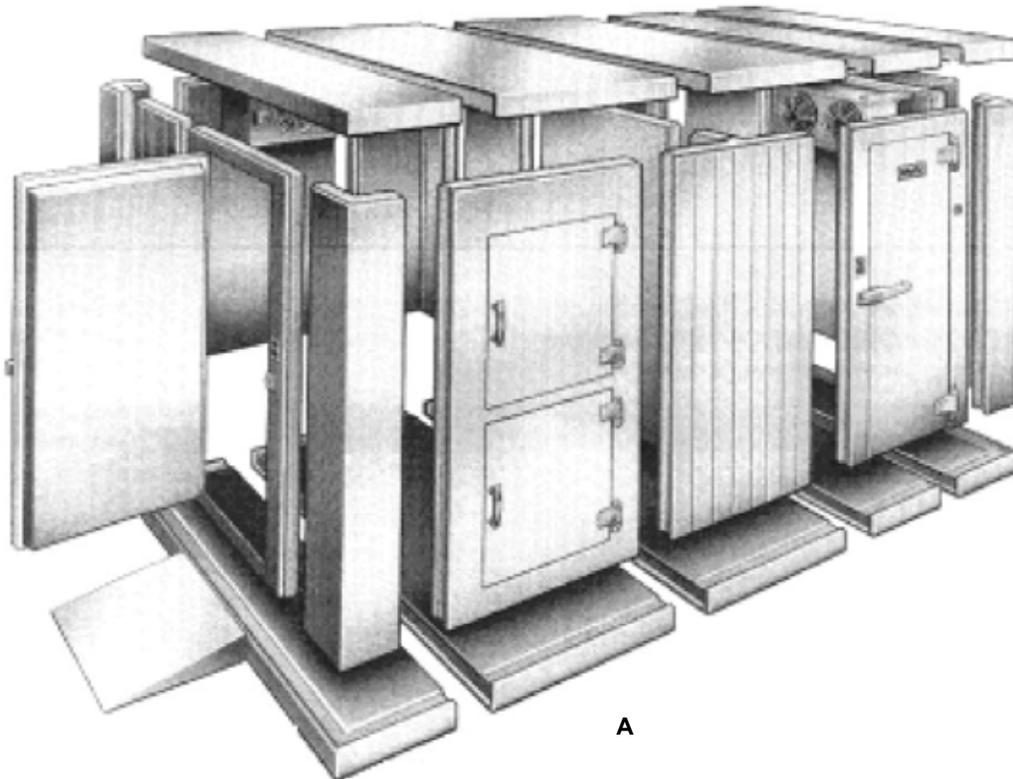
Finalmente hay que decidir entre rentar espacio en algún almacén o construir uno propio. Los viveros ubicados en áreas agrícolas pueden contar con almacenes disponibles para rentar. Por ejemplo, los procesadores de manzana a menudo tienen espacio disponible en la primavera cuando puede ser almacenada 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/m³ (US \$5.00/pie³), 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).

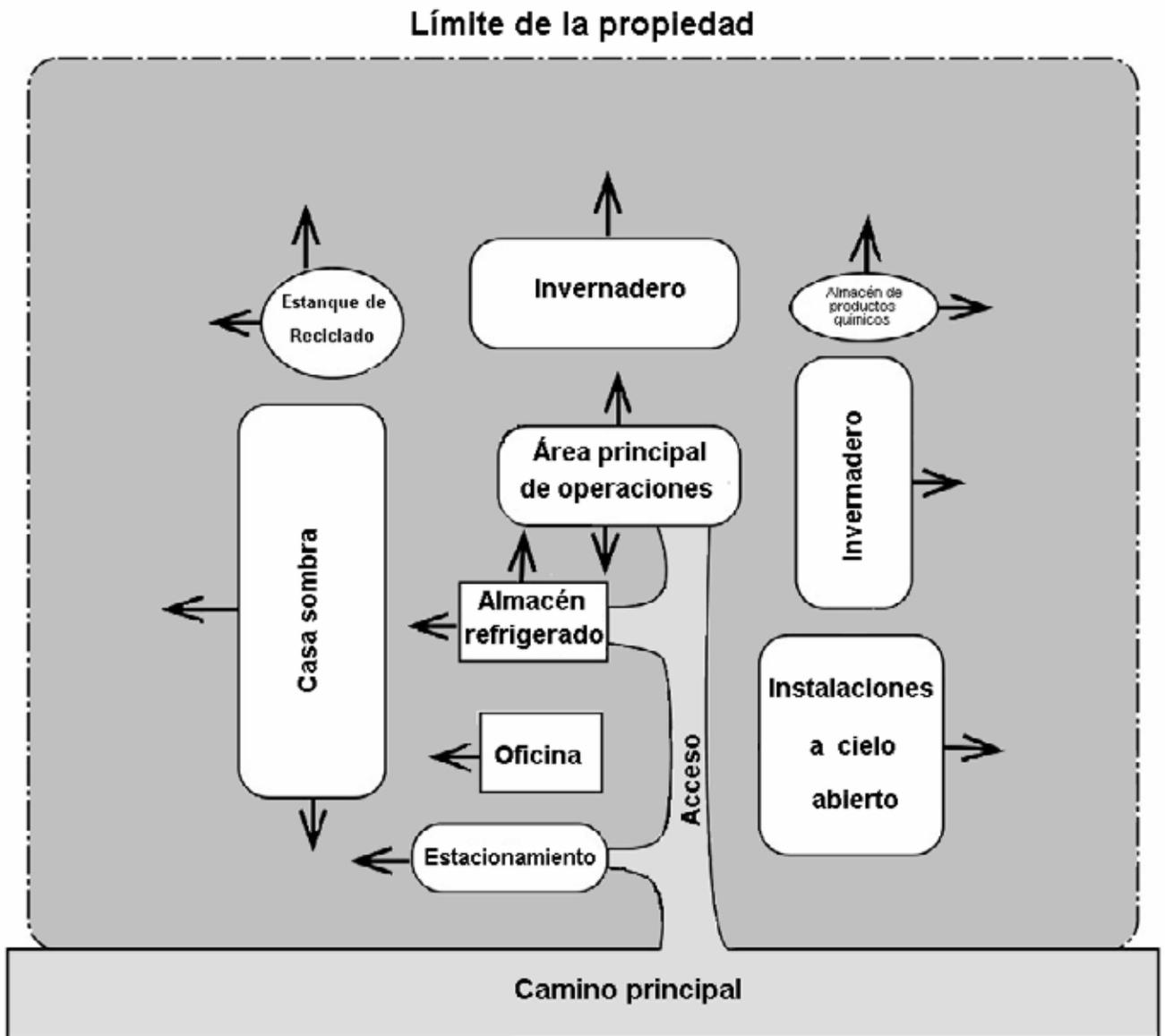


Figura 1.3.34 Los constructores de viveros deberán realizar un croquis del diseño en el sitio para mostrar la ubicación relativa de las diferentes construcciones, además de considerar un espacio adicional para futuras ampliaciones (modificado de Appleton, 1986).

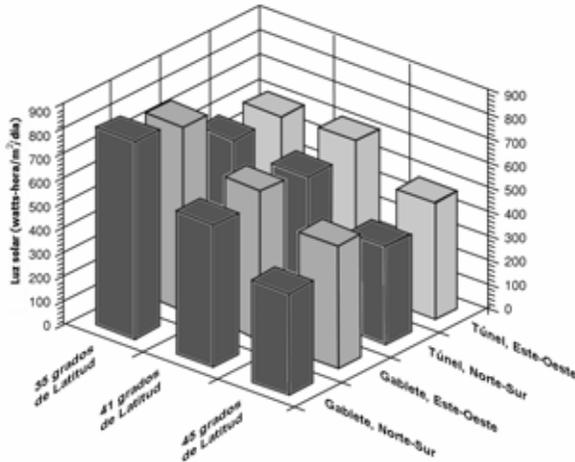


Figura 1.3.35 Las estructuras de propagación deben ser orientadas para captar la mayor cantidad de luz solar y minimizar la sombra. Una adecuada orientación varía con el tipo de estructura y a diferentes latitudes, debido al cambio estacional del ángulo del sol (modificado de Bartok, 1991c).

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).

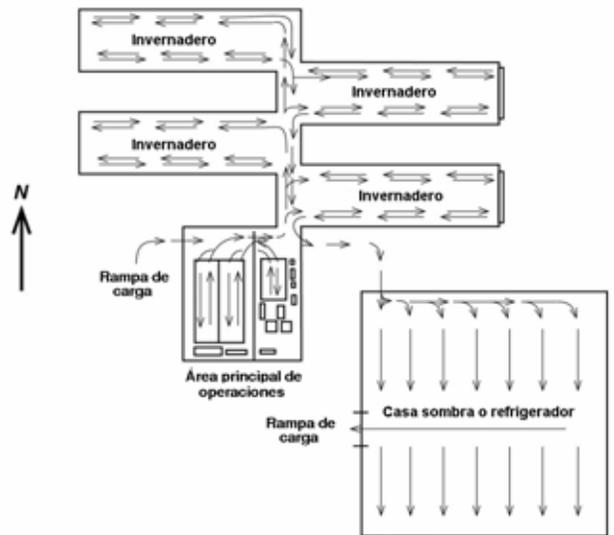


Figura 1.3.36 Los viveros que producen en contenedor deberán diseñarse para facilitar el flujo eficiente y seguro del personal, materiales y plantas entre las diferentes construcciones (modificado de Husby, 1973).



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.



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Uno Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero

Capítulo 4 Control del Ambiente y Equipo para la Producción

Contenido

	Página
1.4.1 Introducción	104
1.4.2 Controles Ambientales e Instrumentación	105
1.4.2.1 Temperatura	105
Enfriamiento	105
Calentamiento	107
Sensores de temperatura y controles	108
Sistemas de conservación de calor	109
1.4.2.2 Humedad	109
Humidificación	110
Deshumidificación	110
Sensores de humedad y controles	110
1.4.2.3 Luz	111
Sombreado	111
Iluminación artificial	111
Sensores de luminosidad y controles	111
1.4.2.4 Bióxido de carbono	112
Incremento del bióxido de carbono	112
Sensores de bióxido de carbono y controles	112
1.4.2.5 Riego	113
Sistemas de riego	113
Monitoreo y regulación del riego	113
1.4.2.6 Fertilización	114
Sistemas de fertilización	114
Supervisión y regulación de la fertilización	115
1.4.2.7 Sistemas de control ambiental	115
Controles independientes y exclusivos	115
Controladores integrados análogos	116
Control climático computarizado	117
1.4.2.8 Seguridad en el vivero y equipo de emergencia	118
1.4.3 Mesas y Soportes para Contenedores	121
1.4.3.1 Plataformas	123
1.4.3.2 Mesas	123
Mesas fijas	124
Mesas móviles	124
1.4.3.3 Materiales de construcción	125
1.4.4 Equipo para el Manejo de Materiales y Plantas	127
1.4.4.1 Bandas transportadoras	127
1.4.4.2 Equipo manual y vehículos motorizados	129

	Página
1.4.5 Equipo para la Producción de Plantas e Insumos	131
1.4.5.1 Contenedores	131
Tipos de contenedor	131
Limpieza y esterilización de contenedores usados	132
1.4.5.2 Sustrato artificial	134
Componentes	134
Mezclado del sustrato	134
1.4.5.3 Líneas de siembra	137
1.4.5.4 Equipo para el llenado de contenedores	138
1.4.5.5 Equipos de siembra	140
Sembradora de caja perforada con rejilla movable	140
Sembradora de vacío	141
Sembradoras automáticas y de precisión	143
Cubrimiento de la semilla (con arenilla)	143
1.4.5.6 Equipo para el trasplante	146
1.4.5.7 Equipo para aplicación de plaguicidas	146
Aspersoras portátiles	147
Aspersoras de aguilón	147
1.4.6 Equipos para la Cosecha	149
1.4.6.1 Líneas de clasificación y empaado	150
1.4.6.2 Almacenamiento	151
1.4.7 Resumen	152
1.4.8 Literatura Citada	153

1.4.1 Introducción

En el Capítulo 3 de este volumen, se revisó el diseño de ambientes de propagación considerando tanto el clima como los requerimientos biológicos de la producción. Ahora, en este capítulo se discutirán aspectos de equipamiento y materiales necesarios, para mantener el ambiente de propagación y lograr la producción de plantas.

Este capítulo consiste en dos partes. La primera discute brevemente el tipo de equipo que puede ser utilizado para modificar los ambientes de propagación (sección 1.4.2) y optimizar los **seis factores que determinan el crecimiento de la planta: temperatura, humedad, luz, dióxido de carbono, agua y nutrientes minerales**. Esta sección pretende ser una introducción general para los constructores que están diseñando nuevos viveros, así como para los viveristas que demandan la modernización de sus instalaciones. (Los sistemas de seguimiento y control con información más específica sobre los conceptos biofísicos de los factores limitativos, así como la modificación de cada uno de éstos, se proporciona en los volúmenes tres y cuatro de esta serie).

La segunda parte de este capítulo (secciones 1.4.3 a 1.4.6) trata sobre los requerimientos de materiales y equipo para producir planta, desde el tipo de mesas hasta la diversidad de los sistemas de almacenamiento. Una pequeña discusión de los conceptos básicos introduce cada etapa en el proceso de producción de planta (Un mayor detalle se proporciona en los volúmenes dos, seis y siete de esta serie. El volumen siete aún está en elaboración al momento de realizar esta traducción).

1.4.2 Controles Ambientales e Instrumentación

A las plantas cultivadas en instalaciones a cielo abierto se les puede proporcionar riego y fertilización, aunque la luz y temperatura pueden ser controladas en un menor grado. Los viveros que producen en contenedor en algún tipo de estructura de propagación tienen la propiedad de poder controlar los seis factores limitantes. El grado de control depende del tipo de estructura y del equipo para el control ambiental con el que cuentan. Para efectos de planeación, la mayoría de los costos del equipo varían con el tamaño del área de producción, aunque algunos costos son fijos (tabla 1.4.1).

1.4.2.1 Temperatura

Las opciones para el control de temperatura en estructuras a cielo abierto son muy limitadas. Los invernaderos y las áreas de acondicionamiento están generalmente equipados con equipo de enfriamiento y calefacción que corresponde al tipo de estructura y al clima donde se encuentra establecido el vivero.

Enfriamiento. La única forma posible de controlar la temperatura en las estructuras de producción a cielo abierto es el enfriamiento mediante el riego. Esta técnica puede también ser utilizada en las estructuras de propagación. Dado que cualquier tipo de superficie de la cual el agua que se evapora es enfriada, incluyendo el follaje, pequeñas aspersiones del riego podrán bajar la temperatura de la planta sin incrementar la humedad del suelo a niveles dañinos.

El control de la temperatura llega a ser mucho más complicado en las estructuras de propagación debido a la luz solar. Durante el día, comúnmente es más difícil enfriar un invernadero que calentarlo, dado que muchas longitudes de onda de la luz solar son transformadas en energía calórica y la cubierta detiene el flujo de aire. Un estudio reciente encontró que la mitad de la energía solar que entra en un invernadero en un día soleado incrementa la temperatura del aire (Roberts y Giacomelli, 1992).

Tabla 1.4.1. Estimación de los costos de planeación para el equipamiento del control ambiental

Factor ambiental y tipo de equipo	Costo/m ² (\$USD)	Costo /pie ² (\$USD)
Temperatura – Enfriamiento		
Ventiladores de extracción y controles	8.61 – 12.91	0.80 – 1.20
Sistema de enfriamiento por evaporación	15.06 – 19.37	1.40 – 1.80
Cortina de sombra automática (adicional a la de la sección de luz)	17.22 – 25.82	1.60 – 2.40
Temperatura – Calentamiento		
Calentadores individuales – aire caliente	10.76 – 18.83	1.00 – 1.75
Calentador central – agua caliente o vapor	16.14 – 26.90	1.50 – 2.50
Sistema de retención de calor – manual	5.38 – 10.76	0.50 – 1.00
Sistema de retención de calor – motorizado	13.45 – 32.28	1.25 – 3.00
Agua/humidificación		
Aspersores fijos superiores	8.07 – 13.45	0.75 – 1.25
Aspersor de cañón móvil*	10.76 – 21.52	1.00 – 2.00*
Sistema de nebulización	5.38 – 10.76	0.50 – 1.00
Nutrición mineral		
Inyector de fertilizante*	1.61 – 5.38	0.15 – 0.50*
Luz		
Sistema de iluminación fotosintética	21.52 – 26.90	2.00 – 2.50
Sistema de iluminación fotoperiódica	10.76 – 32.28	1.00 – 3.00
Cortina automática de sombreado (adicional a la de la sección de enfriamiento)	17.22 – 25.82	1.60 – 2.40
Bióxido de carbono		
Generador de bióxido de carbono	1.08 – 2.15	0.10 – 0.20
Todos		
Control ambiental por computadora*	8.07 – 13.45	0.25 – 1.25

Observe que éstos son sólo costos de equipo; los costos de operación pueden ser considerables

(*) más o menos costos fijos, varían ligeramente de acuerdo a la zona
Fuente: Aldrich y Bartok (1989), Hummert (1993) y Mackenzie (1993).

La modificación de las estructuras de propagación es la primera estrategia para el enfriamiento. Las estructuras de aclimatación son muy populares debido a que sus paredes laterales pueden ser levantadas para permitir el flujo del aire (ver fig. 1.3.5A). Con invernaderos establecidos, un punto importante a considerar son las mallas sombra, siempre y cuando el cultivo pueda crecer bien bajo condiciones de baja intensidad de luz solar. Algunas especies forestales pueden crecer en forma satisfactoria a bajas intensidades de luz solar, pero muchas, incluyendo la mayoría de las coníferas con fines comerciales, requieren de mayor intensidad de luz. Por supuesto esto dependerá de la condición climática de cada región. En las zonas inter-montañas del oeste (EUA), las intensidades de luz son generalmente altas, por lo que el sombreado deberá ser considerado. Sin embargo, en climas donde existen muchos días nublados, la consideración de utilizar malla sombra no es una estrategia adecuada. Las cortinas automáticas para proporcionar sombra son relativamente caras (fig. 1.4.1A), sin embargo pueden proporcionar un excelente control de la luz solar en el área de crecimiento. (La tolerancia a la sombra de las plantas y las técnicas de sombreado se discuten en el volumen tres de esta serie).

El equipo de enfriamiento opera bajo dos principios biofísicos: primero, el incremento del flujo del aire reemplaza al aire caliente en la periferia de las camas de crecimiento y, segundo, una cantidad significativa de calor en el ambiente es absorbida cuando el agua se evapora. Existen tres tipos de sistemas de enfriamiento, los cuales pueden ser utilizados de manera independiente, sin embargo es más común utilizarlos en forma combinada. El costo del equipamiento varía en función al tipo de sistema (tabla 1.4.1). (El equipo de enfriamiento es analizado en el volumen tres).



A



B



C

Figura 1.4.1. Los ambientes de propagación pueden ser enfriados reduciendo la luz solar mediante malla sombra (A), incrementando la circulación horizontal del aire con ventiladores (B) o con enfriamiento por evaporación mediante la circulación de aire a través de una pared húmeda (C).

Ventilación por convección. Este tipo de sistema de enfriamiento es muy eficiente en el consumo de energía. Se compone de ventilas en la parte superior y en las paredes laterales de la estructura de propagación. Cuando las ventilas son abiertas, el aire caliente que se encuentra en la parte alta se escapa y es remplazado por aire seco y fresco proveniente de los lados. Las ventilas pueden ser abiertas en forma manual, o más comúnmente, como la primera acción en un sistema de control secuencial. Desafortunadamente, la ventilación por convección es más eficiente en tiempo atmosférico frío, cuando existe un fuerte gradiente entre las temperaturas al interior y exterior de la estructura, además de que también depende de la dirección y velocidad del viento (Roberts y Giacomelli, 1992).

Ventiladores. Este tipo de ventilación es más confiable y eficiente que el sistema por convección, por lo que las estructuras completamente automatizadas cuentan con una pared con extractores para forzar la salida del aire a través de éstos. El sistema de extractores trabaja de una manera óptima en estructuras menores a 45 m de longitud (150 pies), debiendo ser de un tamaño adecuado e instalado en un lugar apropiado para lograr la máxima eficiencia (Bartok, 1993). Aún las estructuras de aclimatación están comúnmente equipadas con ventiladores portátiles para incrementar el intercambio de aire (fig. 1.4.1B). Los nuevos sistemas de flujo horizontal del aire (FHA) puede mantener la temperatura en el interior hasta 1.8 °C (3.2 °F), con tan solo 4 ventiladores de circulación por estructura (Bartok, 1994).

Enfriamiento por evaporación. Las estructuras completamente automatizadas pueden también equiparse con un sistema de enfriamiento por evaporación, sin embargo, su eficiencia dependerá del clima. En ambientes secos, se requerirá de un mayor potencial de enfriamiento. Los ventiladores fuerzan la circulación del aire entrante a través de un medio poroso llamado pared húmeda, cuya humedad se mantiene con agua de un tanque de recirculación (fig. 1.4.1C). Los sistemas eficientes pueden enfriar el aire hasta alcanzar temperaturas muy cercanas a la del bulbo húmedo. La mayoría de las paredes húmedas consisten de paños verticales y requieren de un tanque de recirculación y bomba para mantenerlos húmedos, aunque también existen sistemas horizontales que son asperjados y por lo tanto, no requieren de un tanque de recirculación. Alternativamente, pueden ser instaladas boquillas nebulizadoras en la entrada del aire, permitiendo que ocurra el enfriamiento por evaporación en algunos tramos dentro del invernadero.

Calentamiento. El primer principio del calentamiento es el controlar el movimiento del calor, el cual se da mediante el flujo de masas, conducción y radiación. El control de flujo de masa implica contar con un invernadero estrecho de forma tal que el aire entre y salga del invernadero, solamente cuando y donde se supone que lo haga. La conducción es retardada por el asilamiento, y las cubiertas bicapa pueden retardar fuertemente la pérdida de calor. El segundo principio es el incorporar o sustraer calor para mantener una temperatura deseada. El sol es la fuente principal de calor, el cual puede ser capturado y almacenado en las estructuras de aclimatación cuando las ventilas laterales están cerradas o, en un invernadero completamente cerrado. La masa térmica, o la capacidad para almacenar calor, será mayor cuando la estructura de propagación está llena. Debido al fuerte calor latente producido por la evaporación, las prácticas de riego deben ser consideradas al momento de realizar los cálculos para el calentamiento.

A las estructuras de propagación se les puede incrementar su temperatura mediante dos tipos básicos de sistemas de calentamiento, los cuales se diferencian por la ubicación y el método de la distribución del calor. Los **sistemas de calentamiento central** utilizan grandes calderas, las cuales se ubican en el área principal de operaciones o en una estructura separada, y se bombea el vapor o el agua caliente a través de conductos hacia las diferentes estructuras. Aunque éstos utilizan una gran variedad de combustibles y técnicas de distribución del calor, las unidades **calentadores** son utilizadas para el calentamiento de estructuras individuales de propagación (Calentadores, combustibles y sistemas de distribución de calor, se discuten en el volumen tres).

Calentadores de vapor o de agua caliente. Generalmente asociados con sistemas de calentamiento de gran tamaño, estos calentadores distribuyen agua caliente o vapor a través de tuberías que se encuentran ubicadas alrededor del perímetro de la estructura de propagación o, debajo de las mesas (fig. 1.4.2A). Los tubos irradian calor, el cual posteriormente circula a través de la estructura de propagación mediante convección. El calentamiento de las estructuras basales elimina el flujo de aire frío cercano a las paredes, y es la mejor opción para aquellos invernaderos completamente automatizados, donde las paredes laterales no pueden abrirse. Debido a que los sistemas basales pierden su efectividad a medida que se incrementa el ancho de los invernaderos, es mejor su utilización para estructuras sencillas o

individuales, que para aquellas estructuras de gran tamaño que se encuentran interconectadas. El calentamiento mediante tuberías por debajo de las mesas es benéfico para el crecimiento de las plantas, sin embargo, obstruye el acceso, además de que es más costoso.

La tubería de agua caliente también puede ser establecida en un piso de concreto aislado. Dado que los pisos de los invernaderos actúan como un reservorio de calor, los sistemas de calentamiento a través del piso son más benéficos cuando las plantas son cultivadas sobre plataformas bajas (cercas al suelo). Sin embargo, este tipo de sistemas puede ser costoso en su instalación y además, no puede reaccionar rápidamente a la demanda de calor o al cambio a una temperatura deseada.

Calentadores de aire forzado. Dado que son relativamente baratos y fáciles de instalar, este tipo de calentadores son populares para las áreas de acondicionamiento o para invernaderos individuales (fig. 1.4.2B). Éstos también tienen una respuesta rápida en tiempo. Los calentadores de aire forzado de fuego directo, pueden utilizar una gran variedad de combustibles o pueden recibir tanto agua caliente como vapor desde una caldera central. Además, éstos son comúnmente conectados a un sistema de circulación del tipo "fan-jet", el cual distribuye aire caliente a través de una larga tubería perforada. Los calentadores de aire forzado son generalmente instalados en la parte superior de la estructura, pero esto es ineficiente debido a que el aire caliente se eleva. Aunque llegan a estorbar para el manejo de materiales, los tubos para la distribución del calor bajo las mesas calientan los sistemas radicales, y generan una mejor distribución por convección. El movimiento del aire ascendente a través del follaje de las plantas también reduce los problemas de enfermedades.

Calentadores infrarrojos. Estas unidades calentadoras constan de tuberías de fierro que se montan en la parte superior de la estructura, a través de todo el invernadero y queman gas o aceite para generar calor radiante. Los reflectores irradian radiación infrarroja descendente, calentando las plantas y no el aire. Tienen un tiempo moderado de respuesta y trabajan mejor cuando el movimiento del aire es mínimo. De la misma forma que cualquier equipo montado en la parte superior de la estructura, crean sombra.

Sensores de temperatura y controles. Los termostatos mecánicos cuentan con una banda bimetálica expuesta o con un tubo lleno con algún tipo de líquido, los cuales cambian su longitud o configuración en función de la temperatura, con lo cual se opera un interruptor eléctrico. Estos son sencillos, resistentes y no requieren energía. Si los equipos de calentamiento o enfriamiento son controlados en forma separada, uno puede actuar como un respaldo automático del otro. Por otra parte, los termostatos separados pueden operar uno contra otro y no pueden ser conectados a un sistema de control computarizado.

Los sistemas de control de temperatura actuales trabajan a través de sensores electrónicos tales como los termopares o termistores, los cuales modifican la resistencia o el voltaje en respuesta a la temperatura. Los termostatos electrónicos tienen un diferencial de temperatura promedio menor a 1.1°C (2°F), comparado con los termostatos mecánicos, los cuales tienen variaciones desde 2.2 hasta 5.5°C (4 a 10°F) de la temperatura verdadera (Greenhouse Manager, 1994a). Estos termostatos electrónicos requieren dispositivos lógicos para leer la resistencia y el voltaje, y calcular la temperatura. Pueden ser operados mediante dispositivos sencillos de lectura en pantalla, por dedicados controladores de temperatura o mediante control ambiental computarizado, los cuales tienen varias ventajas. Un simple sensor puede operar todo el equipo de enfriamiento como el de calentamiento y puede "organizar" el control de temperatura, haciendo imposible el poner a trabajar ambos sistemas uno contra otro. Un control proporcional es posible, en lugar de una simple respuesta de encendido y apagado, el sistema es proporcional a la desviación desde el punto programado, lo cual hace que el control de temperatura sea más preciso y eficiente. Estos sistemas son fácilmente adaptables a un control por computadora y pueden incorporar muchas características especiales, tales como programación de diferentes temperaturas diurna y nocturna, la modulación de las ventilas o el control de la válvula de vapor, inyección automática de bióxido de carbono, así como la captura permanente de información. Como una medida de seguridad, muchos sistemas computarizados poseen múltiples sensores, los cuales promedian las lecturas y proporcionan una extrapolación en caso de que alguno de ellos falle.



A



B

Figura 1.4.2. Las estructuras de propagación pueden ser calentadas con un gran calentador central, el cual distribuye agua caliente o vapor mediante tuberías (A), o con calentadores individuales, los cuales dispersan calor hacia el interior de cada estructura de propagación (B).

Sistemas de conservación de calor. Están disponibles una gran variedad de dispositivos para la conservación de la energía, y van desde un simple retraso en la temperatura durante la noche, hasta sistemas complejos de cubiertas aislantes y térmicas de despliegue eléctrico. Los controles para este tipo de dispositivos pueden ser un interruptor operado por un reloj eléctrico, o un sensor a base de fotoceldas que activa el sistema a medida que empieza a oscurecer. Comúnmente estos mismos sistemas pueden controlar el oscurecimiento o las cortinas de malla sombra (fig. 1.4.1A). Los sistemas de control computarizados normalmente incorporan diferentes tácticas sofisticadas para la conservación de la energía, además del simple despliegue de las estructuras.

Existen estrategias específicas para operar eficientemente los sistemas de calentamiento. La primera es mediante la organización de los diferentes componentes de los sistemas de calentamiento y enfriamiento. La segunda estrategia es la maximización del tiempo en que los invernaderos están en una condición “neutral”, es decir, que no existe ningún desgaste para calentarlo ni para enfriarlo. La única limitación es la tolerancia del cultivo a la variación de la temperatura, lo cual variará en función de las especies y el tiempo de crecimiento de las plantas. La tercera estrategia es contar con una separación en los cambios de temperatura, eliminando los ciclos cortos de encendido y apagado que pueden dañar rápidamente el equipo. Un diferencial de temperatura (histéresis) es construido dentro de los termostatos mecánicos y en muchos puede ser ajustado. Un diferencial común es alrededor de 0.8°C (1.5 °F) lo cual significa para el sistema de enfriamiento, **Apagado** es de 1.6 °C (3 °F) menor que en **Encendido**. Un diferencial más alto puede usarse si el cultivo lo tolera. Los diferenciales de cualquier medida pueden ser programados en los sistemas computarizados, los cuales cuentan con estrategias de control más complejas que pueden mantener temperaturas extremadamente precisas sin histéresis.

El Manual para el Control Climático del Invernadero (Acme,1988), ASHRAE (1989), y el Libro Rojo de Ball (Ball,1991) son buenas fuentes para información adicional sobre sistemas de enfriamiento y calentamiento de invernaderos.

1.4.2.2 Humedad

En cultivos a cielo abierto, en casas sombra o en áreas de acondicionamiento con sus cortinas laterales levantadas, no es factible el control de la

humedad. El equipo para la humidificación ocasionalmente es utilizado en invernaderos completamente automatizados, especialmente para propagación vegetativa. La deshumidificación no requiere un equipo especial, sin embargo sólo es práctica en estructuras cerradas.

Humidificación. Comúnmente la humidificación es más necesaria en climas áridos y particularmente durante el invierno, cuando el aire frío es introducido en la estructura de propagación y calentado posteriormente. La humedad puede ser aumentada en la atmósfera en una variedad de formas. Si es incrementada como vapor, éste habrá absorbido el calor de la vaporización y no enfriará el invernadero. Sin embargo, los sistemas de vapor son costosos y efectivos sólo cuando un sistema de calentamiento de vapor está disponible en el sitio. La humedad también puede incrementarse mediante la apertura del sistema de riego por cortos períodos de tiempo, así como por la evaporación de las paredes húmedas del sistema de enfriamiento.

Los sistemas de nebulización o presurización son muy utilizados para realizar la humidificación (fig. 1.4.3A). La diferencia entre estos sistemas es el tamaño de las partículas. El goteo de los sistemas presurizados es lo suficientemente grande para cubrir la superficie en unos cuantos minutos provocando así que las superficies se humedezcan, mientras que las partículas de la nebulización permanecen suspendidas. Los sistemas de nebulización humidifican mucho mejor, pero son mucho más costosos (tabla 1.4.1). La selección entre estos dos tipos de sistemas dependerá del tipo de cultivo y de las prácticas culturales. El agua probablemente requerirá de ser filtrada para remover sales u otro tipo de partículas suspendidas, lo cual puede taponar las boquillas. Bajo condiciones secas y de intenso calor, un sistema de ventilación típico de invernadero produce constantemente un flujo de aire cada pocos momentos, por lo cual los sistemas de nebulización y presurización deberán tener la capacidad de humidificar el aire seco de reemplazo.

Deshumidificación. Aún y cuando una alta humedad es un problema crónico en los climas húmedos, generalmente la deshumidificación en los ambientes de propagación sólo es necesaria después del riego en la mayoría de los climas. Los productores generalmente abren las ventilas para realizar la deshumidificación, siempre y cuando las condiciones ambientales sean favorables, mientras que la ventilación aunada al calentamiento deberán operar a pesar de la humedad exterior. El

calentamiento a base de tuberías por debajo de las mesas es particularmente efectivo en la deshumidificación del follaje de las plantas. Algunos viveros utilizan ventiladores portátiles o sopladores (fig. 1.4.3B) (Refiérase al volumen tres, para obtener mayor información sobre la humidificación y deshumidificación).



A



B

Figura 1.4.3 El equipo de humidificación incluye boquillas o nebulizadores de alta presión (A), mientras que la deshumidificación puede ser complementada con circulación de aire seco bajo las camas (B).

Sensores de humedad y controles. Existe una gran variedad de sensores de humedad. Los **sensores mecánicos** cuentan con filamentos de cabello, los cuales cambian su longitud con los cambios de humedad, detonando los interruptores de encendido y apagado. No son muy precisos (variaciones de 10% en humedad relativa), sin embargo, son lo suficientemente buenos para la mayoría de los propósitos de los invernaderos. Los filamentos de cabello pueden humedecerse sin llegar a estropearse y si se dañan son fácilmente reemplazables y baratos. No obstante, éstos no son compatibles con los modernos sistemas de control computarizado.

Los elementos con una resistencia eléctrica han sido impregnados con sales higroscópicas y su resistencia cambia con la humedad. Estos son adecuados para su utilización con controles computarizados, pero son mucho más costosos que aquellos elementos a base de filamentos de cabello, además de que pierden su calibración cuando han sido expuestos al agua corriente. Los nuevos **sensores a base de polímeros** son superiores en este aspecto. Los **sensores de punto de rocío**, calculan la humedad a temperatura ambiente y a la temperatura en la cual se forma el rocío sobre un espejo, el cual reduce su reflectancia. Éstos son muy precisos cuando se mantienen limpios y calibrados, pero son muy costosos y su precisión es mucho mayor a la requerida en un vivero forestal (más información sobre la supervisión de la humedad es proporcionada en el volumen tres de esta serie).

1.4.2.3 Luz

Existen tres propiedades de la luz solar que requieren ser modificadas en un vivero forestal: intensidad, calidad y duración. En muchas de las estructuras de propagación a cielo abierto, la luz solar no es controlada, pero en las estructuras de propagación cerradas, las opciones se incrementan a medida que el diseño del vivero es más sofisticado.

Sombreado. La intensidad de la luz solar puede reducirse con una malla sombra, listones y cualquier otro tipo de elementos que son aplicados a las cubiertas transparentes. En la actualidad existen sofisticados sistemas retráctiles de sombra que pueden medir la intensidad de la luz solar para maximizar el requerimiento de luz del cultivo durante todo un día y bajo diferentes condiciones de nubosidad (fig. 1.4.1A). Debido a que la luz solar es convertida en calor cuando alcanza al cultivo, la sombra artificial además es utilizada como la primera fase de enfriamiento. Los sistemas especializados de sombra, comúnmente denominados **cortinas oscuras**, son utilizados algunas veces en viveros ubicados en grandes latitudes, con la finalidad de excluir la luz solar durante varias horas durante el día. De esta forma se induce la dormancia en especies sensibles. Sistemas similares son utilizados para ampliar la retención de calor durante las noches de invierno a fin de reducir los costos de calentamiento (tabla 1.4.1).

Iluminación artificial. Existen dos tipos de sistemas de iluminación utilizados en los viveros: fotosintética y fotoperiódica. **La iluminación fotosintética** es utilizada para complementar la

intensidad de luz solar durante el invierno en aquellos viveros que se encuentran localizados a grandes latitudes. Sin embargo, los sistemas de iluminación de alta intensidad son costosos de instalar y operar, por lo cual sólo son considerados bajo circunstancias especiales (tabla 1.4.1). La **iluminación fotoperiódica** modifica las horas luz para prevenir que las plantas lleguen a entrar en dormancia, lo cual se realiza mediante la reducción de la duración del período oscuro. Este es el tipo de iluminación artificial más comúnmente utilizado en los viveros que producen en contenedor. La iluminación fotoperiódica ha sido utilizada en los diferentes ambientes de propagación, desde las estructuras a cielo abierto hasta los invernaderos completamente automatizados.

La iluminación fotoperiódica involucra tanto la **duración** (tiempo que la luz se deja encendida) como la **oportunidad** (cuándo son activadas las luces). La duración puede ser tanto continua como intermitente, y la iluminación fotoperiódica es encendida después de que oscurece o antes de que amanezca para extender el número de horas luz o en pequeños intervalos durante la noche (fig. 1.4.4A). La mejor lámpara depende del objetivo buscado. Las lámparas incandescentes, fluorescentes y las de descarga de alta intensidad, varían significativamente en cuanto a intensidad de luz y calidad, además de que cada una requiere de su propio tipo de fijación y controles. Las cortinas oscuras son utilizadas en los viveros ubicados en altas latitudes para acortar la luz del día de manera artificial durante el verano e inducir la dormancia (fig. 1.4.4B).

Sensores de luminosidad y controles. El tipo de sistema de control es determinado por el tipo de sistema de luminosidad y de la selección de las lámparas. Por ejemplo, las lámparas fluorescentes y de alta presión de sodio no pueden ser encendidas y apagadas frecuentemente, sin embargo, son muy eficientes cuando operan por largos períodos. Por otro lado, las lámparas incandescentes son utilizadas solamente para luminosidad intermitente. La iluminación fotoperiódica es instalada tanto en sistemas fijos como móviles. Las luces fijas son instaladas tanto en la parte superior de las estructuras como en los ángulos oblicuos alrededor del perímetro del área de producción. Son controladas por fotoceldas y dispositivos a base de sensores. Algunos viveros instalan iluminación fotoperiódica sobre el aguillón del sistema de riego, con la finalidad de producir patrones de iluminación intermitente. Los diseñadores y constructores de viveros deberán establecer contacto con horticultores especialistas en los sistemas de iluminación, además de obtener

información de otros viveros antes de diseñar sus propios sistemas. El libro *Iluminación para el crecimiento de las plantas* (Bickford y Dunn, 1972) es la fuente de información más práctica sobre los sistemas de iluminación hortícola (Los sistemas de iluminación artificial y sombreado se discuten también en el volumen tres de esta serie).



A



B

Figura 1.4.4 La iluminación fotoperiódica mantiene a las plantas con crecimiento activo mediante el incremento de las horas luz (A), y las cortinas oscuras son utilizadas en los viveros localizados a altas latitudes para reducir las horas luz, e inducir la formación de la yema durante el verano (B)

1.4.2.4 Bióxido de Carbono

El enriquecimiento con bióxido de carbono no es ampliamente practicado en los viveros forestales, pero es relativamente económico en una estructura de propagación completamente automatizada (tabla 1.4.1). Su practicidad depende del tipo y de las condiciones de la estructura, pues es muy difícil mantener niveles adecuados de bióxido de carbono en estructuras perforadas.

Incremento del bióxido de carbono. Existen dos formas de suministrar el bióxido de carbono (CO_2) a una estructura de propagación: mediante gas

presurizado y mediante combustión de combustibles fósiles (fig. 1.4.5). El CO_2 puro puede ser inyectado desde un tanque presurizado a través de tuberías perforadas (la técnica más segura), o éste puede ser generado mediante la combustión de gas propano o natural, en quemadores ubicados a todo lo largo de la estructura. El bióxido de carbono puede ser adicionado en cualquier momento durante el día, siempre y cuando las ventilas estén cerradas. La estrategia es iniciar el incremento de los niveles del CO_2 varias horas antes de que oscurezca, y posteriormente apagar los generadores cuando se abren las ventilas.

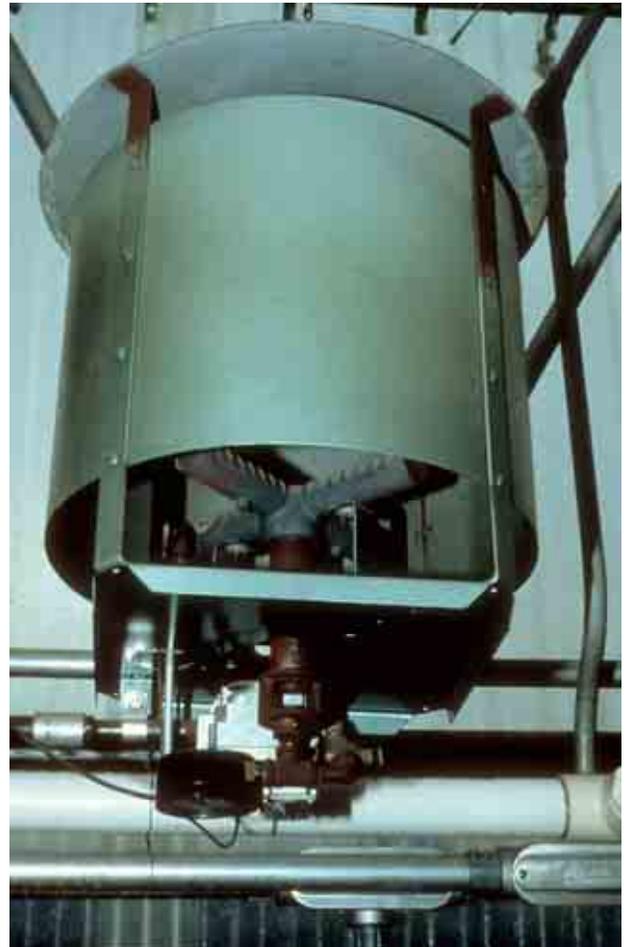


Figura 1.4.5 El quemador de propano incrementa los niveles de bióxido de carbono dentro de las estructuras cerradas de propagación.

Sensores de bióxido de carbono y controles. El enriquecimiento con bióxido de carbono es controlado mediante válvulas celenoides que regulan el quemador del tanque, el cual está sincronizado con las ventilas o los ventiladores. La tasa adicional de CO_2 puede ser establecida mediante la utilización de una estimación, considerando el tamaño y fugas del invernadero, sin embargo, es mejor medir la tasa. Existen en el mercado equipos de prueba que son relativamente

baratos y adecuados para determinar la tasa de enriquecimiento de CO₂. Una vez que el equipo ha sido calibrado, es útil una verificación periódica, sin embargo, la supervisión continua no es necesaria. Para sistemas de control ambiental sofisticados, los analizadores infrarrojos de gas pueden monitorear y controlar los niveles de CO₂ de una manera muy precisa. El libro *CO₂ Enriquecimiento en el invernadero: principios y prácticas* (Hicklenton, 1988), es la mejor referencia sobre el control hortícola del bióxido de carbono. (Refiérase al volumen tres de esta serie para información más detallada).

1.4.2.5 Riego

Un eficiente y confiable sistema de riego es necesario para todos los viveros que producen en contenedor y, contrastando con otros tipos de equipo para el control ambiental, el sistema básico es similar tanto para las instalaciones a cielo abierto como para los invernaderos completamente automatizados.

Sistemas de riego. El riego por aspersión es la norma en los viveros forestales. El riego por goteo no es práctico con contenedores pequeños, mientras que otras técnicas de irrigación tales como el riego por capilaridad no permiten la poda aérea del sistema de raíces. Un sistema de aspersión típico está constituido por una bomba, tanque de presión, tuberías y aspersores. Los viveros ubicados en áreas poco desarrolladas, algunas veces utilizan agua de los sistemas de agua municipales, conectándolos directamente hacia un regulador de presión y de ahí a los aspersores. Para un mejor funcionamiento el agua es bombeada hacia un tanque de presión, el cual sirve como almacén temporal y como amortiguador de presión. Aún y cuando las tuberías galvanizadas fueron utilizadas en viveros viejos, actualmente es más común la utilización de tuberías de polivinil (PVC-plastic polyvinil chloride), dado su bajo costo y sus propiedades físicas deseables. La normatividad de construcción en algunos estados de la Unión Americana, determina el tipo de tubería que deberá ser utilizada, por lo cual es necesario contactar con las representaciones locales (Bartok, 1991).

Dentro del área de propagación es común la utilización de dos sistemas de riego: aspersores fijos o un aguilón móvil (fig. 1.4.6A y B). Los aspersores fijos son establecidos en un patrón de rejilla y son la opción más económica (tabla 1.4.1). Los sistemas de riego de aguilón son más costosos pero aplican el agua de una manera más uniforme y sólo en las áreas de propagación, con lo cual se

reduce el escurrimiento. En la actualidad existe una gran variedad de sistemas de riego de aguilón. Nuevos equipos computarizados proporcionan un control preciso del riego, permitiendo alternarlo en ciertas secciones o, por el contrario, mantener irrigada un área para satisfacer los requerimientos de un cultivo específico (Greenhouse Manager, 1993A). Un mayor detalle sobre el diseño de los sistemas de riego se presenta en Aldrich y Bartok (1989), Pair *et al.* (1983) y Melby (1988).

Monitoreo y regulación del riego. Los métodos de riego utilizados en los viveros que producen en contenedor varían considerablemente, en función de los requerimientos del cultivo y del tipo del sistema de riego. Las superficies de producción pequeñas pueden ser regadas manualmente con una manguera, y ésta es la mejor técnica para algunas especies sensibles. El próximo nivel en cuanto a complejidad, es la fijación de un patrón de aspersores que son operados en forma manual. Esto incrementa el tamaño del área de producción que puede ser controlada. Sin embargo, demanda que alguien esté allí para su encendido y apagado. La operación manual tiene algunas ventajas definitivas en cuanto a calidad de su control, dado que el encargado del riego siempre está presente a fin de asegurar que el sistema opere de una manera adecuada, y que las plantas reciban una cantidad de agua apropiada. No obstante, en fines de semana y en días festivos puede ser un inconveniente, por lo que muchos viveros utilizan algún tipo de sistema de riego automatizado.

Una forma muy simple de controlar el riego es mediante un **reloj**, el cual controla un conjunto de válvulas celenoides que activan el sistema en las diferentes secciones del área de producción. Estos controladores pueden ser programados para regar un determinado tiempo en cada sección, lo cual facilita al regador ajustar la cantidad de agua que debe ser aplicada, de acuerdo a las demandas de cada cultivo. Esto permite que se pueda realizar el riego durante la noche y los fines de semana, pero tiene la desventaja de que la cantidad de agua aplicada es la misma a pesar de las condiciones climáticas y del cultivo. Por lo tanto, los encargados del vivero utilizan dichos controladores para intentar proporcionar, mediante alguna estimación, el uso del agua de la planta. Por ejemplo, en algunos viveros se monitorean las pérdidas por evapotranspiración mediante el peso de un contenedor común. Debido a que el agua representa la mayor parte del peso de un contenedor, los viveristas pueden supervisar el uso del agua mediante el pesaje de las charolas y determinar con ello cuándo regar (fig. 1.4.6C).



A



C



B

Figura 1.4.6. Los sistemas de riego fijos usan boquillas aspersoras que dispersan el agua en un patrón circular (A); los sistemas móviles tipo aguilón distribuyen una cortina uniforme de agua sobre las áreas de cultivo (B). El muestreo por peso de los contenedores es una forma rápida y fácil de revisar el consumo de agua de las plantas (C).

Los sistemas computarizados de control ambiental utilizan la “demanda” para regular el riego mediante la supervisión de la luz acumulada, el déficit en la presión de vapor o la demanda evaporativa. Las investigaciones con tensiómetros, los cuales miden el potencial mátrico del sustrato, se presentan como promisorios (Whitesides,1993). Aunque los recientes sistemas computarizados ofrecen nuevas posibilidades, la supervisión personal del riego es la norma en viveros forestales. El riego es una parte crítica de las labores culturales de un vivero, y el uso del agua en las plantas puede cambiar tan rápidamente en los ambientes de propagación, que la confiabilidad sobre el sistema de control completamente automatizado depende de la supervisión regular (Para mayor información sobre sistemas de riego y técnicas de supervisión, ver el volumen cuatro de esta serie).

1.4.2.6 Fertilización

Debido a que el sustrato utilizado en la mayoría de los viveros que producen en contenedor es esencialmente infértil, es necesario el suministro de los 13 nutrientes minerales requeridos para el crecimiento normal de la planta, mediante la fertilización.

Sistemas de fertilización. Los métodos de fertilización básicos para los viveros forestales son (1) el suministro de fertilizantes solubles en el agua de riego (fertirrigación), y (2) mediante la incorporación de fertilizantes sólidos al sustrato. Muchos viveros inyectan fertilizantes líquidos a través del sistema de riego debido a que es la forma más fácil y precisa de aplicar y supervisar la

nutrición mineral. Existen dos formas de realizar esta actividad. El fertilizante puede ser incorporado a un tanque de agua, disuelto, y después bombeado sobre el cultivo. Alternativamente el fertilizante puede ser preparado como una solución concentrada, la cual es posteriormente inyectada dentro del sistema de riego (fig. 1.4.7A). Este último es el método más común dado que a concentraciones de 1:100 ó 1:200, el tanque y los inyectores ocupan mucho menos espacio que un tanque de mayores dimensiones, que permita almacenar la solución de fertilizante diluida. Están disponibles una gran variedad de inyectores de fertilizantes, desde los simples sifones con manguera hasta las bombas mecánicas que utilizan agua a presión o electricidad; comparando con otros equipos de vivero, los inyectores son relativamente baratos (tabla 1.4.1). Los inyectores de fertilizante son comúnmente ubicados junto con los controles del riego en el área principal de operaciones. La instalación de dispositivos para prevenir el retroflujo es una excelente idea en las líneas de alimentación, para asegurar que el agua potable no se contamine con el fertilizante; en efecto, esta actividad es un requerimiento legal en muchos sitios.

La segunda técnica de fertilización es la incorporación de fertilizantes de liberación lenta dentro del sustrato, al momento de que se está realizando el mezclado (fig. 1.4.7B). Este método es menos popular, debido a la dificultad existente de obtener una mezcla uniforme de los gránulos fertilizantes en el pequeño volumen de sustrato contenido en las cavidades pequeñas, comúnmente utilizados en los viveros forestales. La otra desventaja es, que una vez que se ha incorporado el fertilizante de liberación lenta, no existe forma alguna de poder controlar la tasa de liberación de los nutrientes. Algunos viveros utilizan una combinación de fertilización de lenta liberación con fertirrigación.

Supervisión y regulación de la fertilización. La inyección de fertilizante líquido es controlada con el mismo equipo del sistema de riego. Actualmente están disponibles sistemas ambientales computarizados con controles automatizados, que permiten supervisar la salinidad en las líneas de conducción y están unidas al sistema. Sin embargo, la medición de la salinidad solamente proporciona una idea general de los niveles de fertilización total, no la concentración de nutrientes minerales en forma individual. Aunque existen en la actualidad sensores para los iones de nutrientes específicos, éstos no son prácticos para su operación en los viveros. Los controles de fertirrigación especializados (fig. 1.4.7C) utilizan

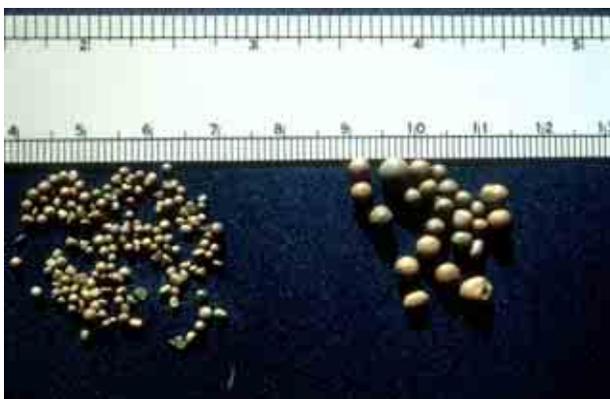
programas de cómputo para regular las concentraciones de los nutrientes individuales como una respuesta proporcional de la salinidad total, pudiendo mantener precisiones de hasta un 10% (Labbate, 1994). Muchos viveristas supervisan la fertilización mediante pruebas de concentración de nutrientes en el agua de riego aplicada, o del agua lixiviada, drenada de los contenedores. Esta no es una forma automatizada de supervisar la cantidad de fertilizante sólido que ha sido incorporado dentro del sustrato (Refiérase al volumen 4 de esta serie para mayor información sobre los métodos de supervisión y fertilización).

1.4.2.7 Sistemas de control ambiental

Controles independientes y exclusivos. Estos controladores de función simple (p.e. termostato) regulan una parte del equipo con un simple interruptor de encendido y apagado. Actualmente, alrededor del 90% de los invernaderos aún cuentan con termostatos mecánicos (Greenhouse Manager, 1994a). Un termostato común contiene una terminación bimetálica expuesta que es sensible a los cambios de temperatura, activando un interruptor cuando éste registra alguna variación. Los termostatos son utilizados para controlar el equipo que regula la temperatura, tal como los calentadores, ventiladores y extractores (tabla 1.4.2). Otro tipo de controles independientes y exclusivos no registran el ambiente de propagación en su totalidad, pero utilizan relojes para regular los celenoides de riego, iluminación fotoperiódica o generadores de bióxido de carbono. Éstos pueden operar en forma independiente o ser enlazados en una secuencia. Esta redundancia de función significa que si un dispositivo falla, los restantes se mantienen operando. Tales controles son baratos pero deben ser calibrados en forma rutinaria. Los termostatos no son confiables, y su respuesta puede variar tanto de instrumento a instrumento como durante su vida útil (Nelson, 1991).



A



B



C

Figura 1.4.7 La inyección de la solución de fertilizante en el sistema de riego (fertirrigación) es una forma eficiente de proveer los nutrientes minerales (A). Los fertilizantes granulares, tales como los gránulos de Osmocote® pueden ser incorporados al sustrato (B). Los sistemas computarizados de fertirrigación están siendo utilizados para un control preciso de la inyección de los nutrientes minerales (C) (C, cortesía de E. Labbate, Sistemas para el Control de Climas, Leamington, ON, EUA.)

Controladores integrados y análogos. Están disponibles un gran número de controladores que pueden regular muchas de las variables ambientales (tabla 1.4.2). Éstos utilizan termostatos proporcionales y otro tipo de sensores eléctricos para obtener información del área de producción, contando con circuitos lógicos electrónicos para procesar esta información, formular decisiones y operar una pieza sencilla del equipo para el control ambiental. Los controladores análogos están limitados a un sensor simple y pueden controlar solamente un ambiente de propagación (Ball, 1991). Muchos son sistemas “anticuados”, lo cual significa que no pueden ser programados en forma directa, mientras que en otros es posible hacerlo en forma limitada. Los controladores análogos pueden ser conectados para activar sistemas de alarma, tales como cuando desciende la temperatura por debajo de un punto específico.

Tabla 1.4.2 Características de los controles ambientales para estructuras de propagación

	Tipo de controles ambientales		
	Discreto/dedicado	Análogo/integrado	Sistema computarizado
Funciones			
Sensores múltiples	No	No	Si
Estructuras múltiples	No	No	Si
Interruptor proporcional	No	Si	Si
Ajustes estacionales			
Tiempo del reloj	Quizá	Quizá	Si
Tiempo solar	No	Quizá	Si
Estaciones climáticas	No	Quizá	Si
Registro y almacenamiento de datos	No	No	Si
Programable	No	Limitado	Si
Intervalo de precio	\$USD 50- 250	\$USD 800-1600	\$USD 3,000 – 50,000 o>
Factores ambientales *			
Temperatura	Calentadores Extractores Ventiladores	Calentadores	Calentadores
		Extractores	Extractores
		Ventiladores	Ventiladores
		Pared húmeda	Pared húmeda
Humedad	Sensor de humedad	Cortina térmica	Cortina térmica
		Calor	Calor
		Extractores	Extractores
		Nebulizadores	Nebulizadores
Luz	Reloj	Luces	Luces
		Malla sombra	Malla sombra
		Malla oscura	Malla oscura
		Si	Si
Bióxido de carbono	Reloj	Riego	Riego
Agua	Reloj	Nebulizadores	Nebulizadores
Nutrientes minerales	Radiométrico Inyector	pH	pH
		Salinidad	Salinidad
		Nutrientes	Nutrientes

(*) Observe que cada factor ambiental requiere de un equipo adicional discreto o dedicado, o un tipo de control análogo que puede estar integrado. Fuente: Ball (1991), Mackenzie (1993).

Los controladores ambientales comúnmente son vinculados para proporcionar múltiples funciones y operar en **fases**, para mantener la temperatura deseada mediante la activación secuencial de calentamiento o enfriamiento (fig. 1.4.8). Por ejemplo, considere una situación en el invernadero durante las primeras horas de la mañana. En este momento ni los sistemas de calefacción ni los de enfriamiento están operando; es decir, la instalación se encuentra en “neutral”. Dado que el invernadero tenderá a calentarse, la temperatura alcanzará el primer punto específico para el enfriamiento y uno o varios extractores se activarán. Si esto proporciona suficiente enfriamiento, no sucederá nada posteriormente, pero si la temperatura continúa incrementando hasta alcanzar el segundo punto específico de enfriamiento, un segundo grupo de extractores se activarán. Si todos los extractores se encuentran activos y la temperatura aún no es la adecuada, entonces el sistema de bombeo iniciará la circulación de agua a través de la pared húmeda y se realizará el enfriamiento por evaporación-la tercera fase del enfriamiento. Como el invernadero

tiende a enfriarse, la secuencia se invierte. Las fases para el calentamiento consisten de una secuencia de calentadores y de ventiladores que distribuyen el calor.

Control climático computarizado. La revolución de las computadoras ha cambiado radicalmente la forma en la cual el ambiente de las estructuras de propagación es controlado. El control climático por computadora utiliza microprocesadores, que combinan información de un conjunto de sensores proporcionando una visión integrada de todos los factores en el ambiente de propagación (fig. 1.4.9). Las computadoras pueden detectar y almacenar información climática desde una estación meteorológica cercana, así como de las condiciones atmosféricas y del sustrato dentro de la estructura de propagación. Los índices climáticos tales como el déficit de presión de vapor, fueron difíciles de monitorear en los viveros, pero actualmente esta tarea es posible realizarla mediante equipo de cómputo.



Figura 1.4.8 Los controles climáticos regulan el calentamiento o enfriamiento en una serie de etapas cercanas al punto deseado de temperatura.

Las computadoras son fundamentales en los invernaderos de alta tecnología para integrar los diferentes equipos de control ambiental. A diferencia de los interruptores de una sola pieza de equipos de encendido y apagado, los controles de clima por computadora pueden modular, lo cual produce un infinito número de ajustes. Éstas además, recopilan y analizan el conjunto de información ambiental de todo el complejo para tomar decisiones “inteligentes” (Argus Control Systems, 1990). Por ejemplo, durante el invierno los sensores de luminosidad le indican a la computadora que el sol se está ocultando, y de esta forma es posible anticipar la demanda de calor antes de que la temperatura descienda (Ball, 1991). El incremento de los costos de la energía y la preocupación sobre la escorrentía del exceso de fertilizantes hacen mucho más atractivos los sistemas de control por computadora. Los ahorros de energía que han sido documentados pueden variar desde un 15 hasta un 30% para viveros comunes y desde un 40 a un 60% para invernaderos de alta tecnología que cuentan con equipos modernos (Whitesides, 1991).

Un sistema común está compuesto de una computadora central, controladores individuales y alarmas, ubicados en diferentes puntos a lo largo

de la estructura de propagación (fig. 1.4.9). Una terminal (computadora) debe ser ubicada en el área principal de operaciones, de forma tal que el personal pueda supervisar en forma instantánea todos los factores ambientales en cada área de propagación, así como analizar toda la información obtenida que permita calcular tendencias y detectar problemas. Muchos viveristas instalan además otras terminales en sus propias casas y con ello, pueden responder a problemas potenciales sin la necesidad de tener que desplazarse hasta el vivero. Una de las grandes ventajas de los controles computarizados es que tienen la capacidad de almacenar en forma precisa qué es lo que realmente está pasando en el vivero, cuya información puede ser utilizada para resolver problemas y para calibrar el equipo de control ambiental (Bartok, 1993). Las computadoras también pueden ser enlazadas a un sistema de alarma más sofisticado, el cual puede ser programado constantemente. Con esta tecnología, las computadoras pueden además identificar la ubicación y naturaleza de un problema, de forma tal que se ahorran problemas al productor.

Los viveros con estructuras de propagación mayores a 2,000 m² (21,500 pies²) comúnmente pueden justificar el sistema de control computarizado, el cual puede amortizarse en un período de tres a cinco años (Mackenzi, 1993). Los sistemas computarizados vienen en diferentes modelos, ofreciendo una amplia variedad de características (Greenhouse Manager, 1994b). Los diseñadores deberán consultar con otros viveros y distribuidores a fin de asegurarse que los sistemas se acoplan perfectamente a sus requerimientos. Su mantenimiento rara vez resulta un problema dado que las partes de reemplazo pueden ser obtenidas mediante mensajería especializada, además de que las compañías ofrecen soporte especializado vía telefónica.

1.4.2.8 Seguridad en el vivero y equipo de emergencia.

Las plantas de especies forestales son un cultivo valioso, por lo cual es importante tomar una buena decisión para la protección de la inversión con un sistema de seguridad. Las plantas producidas en invernaderos son particularmente suculentas, por lo cual pueden ser dañadas o incluso muertas en unas cuantas horas, ya sea por exceso o reducción de la temperatura. Los sistemas de seguridad poco sofisticados son requeridos en aquellas estructuras de producción simples o a cielo abierto, las cuales pueden requerir solamente una alarma para la detección de bajas temperaturas inusuales.

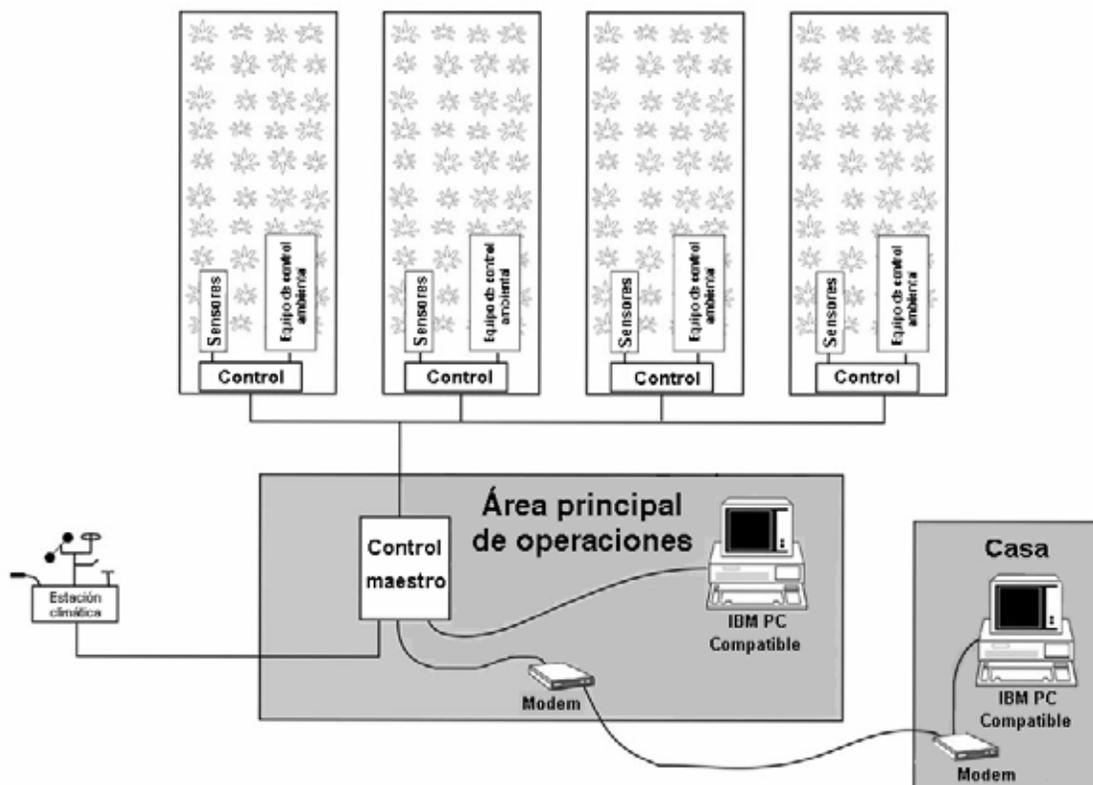


Figura 1.4.9 El control computarizado del clima regula con precisión el equipo del control ambiental mediante el monitoreo de las condiciones del tiempo atmosférico, tanto dentro como fuera de las estructuras de propagación, y permite el acceso remoto y el almacenamiento permanente de los datos (modificado de Aarhus, 1990; Hummert, 1993).

Una gran variedad de sistemas de seguridad están disponibles y pueden alertar al viverista en caso de una falla en el suministro de energía eléctrica, problemas mecánicos con el equipo de control ambiental, presencia de fuego o robo. Estos sistemas son relativamente baratos, variando desde aquellos cuyo valor oscila desde US \$50 para una alarma de temperaturas con una simple campana, hasta aquellas unidades automáticas de marcación telefónica, las cuales pueden ser adquiridas y operadas con un costo cercano a los US \$200 por año. El costo varía con el tipo de sensor y el sistema de alarma. Muchos tipos de sensores están disponibles. Éstos pueden detectar al menos una situación de emergencia, desde un simple termostato o un termistor que detectan un exceso de temperatura, hasta los sensores ultrasónicos, que pueden detectar a un intruso (Bartok, 1987). Los sistemas de alarma varían desde campanas y sirenas hasta alarmas sofisticadas que automáticamente pueden realizar una secuencia de llamadas telefónicas a un número específico, si se da el caso de que la línea esté ocupada o simplemente no respondan. Los sistemas de alarma por computadora pueden

detectar e indicar fallas de equipo específico. Estos “sistemas inteligentes” permiten al productor diagnosticar muchos problemas desde la casa, haciendo que no sea necesario dirigirse hacia el vivero.

Los generadores eléctricos de accionamiento automático son fundamentales para la mayoría de los viveros, dado que una falla en el suministro de energía eléctrica es una desafortunada realidad, especialmente en aquellos sitios lejanos donde están localizados muchos viveros que producen en contenedor. Una falla en el suministro de la energía eléctrica puede ser desastrosa durante los períodos invernales, debido a que muchas estructuras de propagación dependen de la electricidad para la ignición de combustibles y distribución de calor. Contrariamente, en climas cálidos la electricidad es requerida para encender los sistemas de ventilación y las bombas de agua del sistema de enfriamiento. Hay generadores disponibles en las tiendas especializadas de equipo, los cuales deben ser lo suficientemente grandes para operar todo el equipo esencial. Éstos generalmente requieren de una capacidad mínima de un kilowatt (Kw) por cada

184 m² de superficie de crecimiento (2,000 pie²) (Nelson, 1991). Los generadores pequeños y medianos pueden utilizar gas natural o propano, sin embargo, una maquinaria de mayor tamaño trabaja con diesel. Dado que los motores a gasolina pueden llegar a desgastarse, solamente deben ser considerados para pequeños generadores portátiles que son utilizados en forma regular. Con una adecuada ventilación los generadores pueden ser ubicados en el interior de las estructuras, o fuera, sobre una base de concreto (fig. 1.4.10A). Para la disminución del ruido deberá utilizarse un escape del tipo residencial. Están disponibles sistemas de control completamente automatizados que continuamente registran la línea de voltaje, encendido y apagado automático, así como la recarga de sus baterías sin la necesidad de un operador. Todos los generadores deberán recibir servicio periódicamente, y deberán ser probados a su máxima capacidad de carga, por lo menos una vez al año (Charlton, 1992).

Las estructuras de propagación que se basan en combustibles fósiles para el calentamiento, rara vez tienen sistemas alternativos de calefacción para asegurar que el calor esté disponible en caso de tener problemas en el suministro de combustible. Los problemas con el suministro de gas natural son muy raros, pero los de combustibles o de gas propano deberán ser supervisados y abastecidos regularmente para mantener una reserva adecuada. Los calentadores portátiles a base de radiación pueden ser utilizados como una fuente alterna y económica de calefacción, siempre y cuando pueda proporcionarse una adecuada ventilación (fig. 1.4.10B). Los calentadores del tipo "salamandra" queman queroseno a una tasa de 1.9 a 3.8 litros por hora (0.5 a 1.0 galones por hora) y pueden proteger hasta 140 m² (1,500 pies²) de área de producción en la estructura de propagación (Nelson, 1991).

Los cultivos que crecen con iluminación fotoperiódica o con cortinas oscuras, son extremadamente sensibles a las fallas de equipo. Por ejemplo, si la iluminación fotoperiódica falla durante una noche, el crecimiento apical puede detenerse y causar que las plantas puedan formar la yema terminal y entrar en dormancia, situación que es difícil o algunas veces imposible de revertir dentro de una estación de crecimiento. La forma más directa de supervisar el sistema de iluminación es la de enlazar una fotocelda hacia los controles, la cual es una característica estándar de la mayoría de los sistemas de alarma por computadora.



A



B

Figura 1.4.10 Una buena inversión es contar con un generador eléctrico de respaldo, de tamaño suficiente para hacer funcionar el equipo principal de control ambiental (A). Los calentadores portátiles pueden proporcionar protección en un caso de emergencia, pero las estructuras deben ventilarse adecuadamente (B)

1.4.3 Mesas y Soportes para Contenedores

El proceso de producción de planta consiste de un conjunto de operaciones secuenciadas que inician cuando la semilla o los propágulos son entregados en el vivero y finaliza cuando la planta es enviada al sitio de plantación (fig. 1.4.11). Sin embargo, antes de que todo esto pueda llevarse a cabo, el área de producción debe contar con algún tipo de sistema de soporte para los contenedores.

estructuras o mesas levantadas, cuya elección es fundamental tanto por consideraciones biológicas como de operación. La forma en la cual las plantas forestales son ubicadas, afectan su crecimiento y desarrollo. Mientras que otros cultivos pueden cultivarse directamente sobre el piso o en camas tradicionales, las especies forestales producidas en contenedor tienen un sistema radical agresivo, cuyo crecimiento es rápido, dirigiéndose hacia fuera de la base del contenedor (fig. 1.4.12A).

La producción en contenedores puede ser cultivada directamente sobre el piso, sobre plataformas,

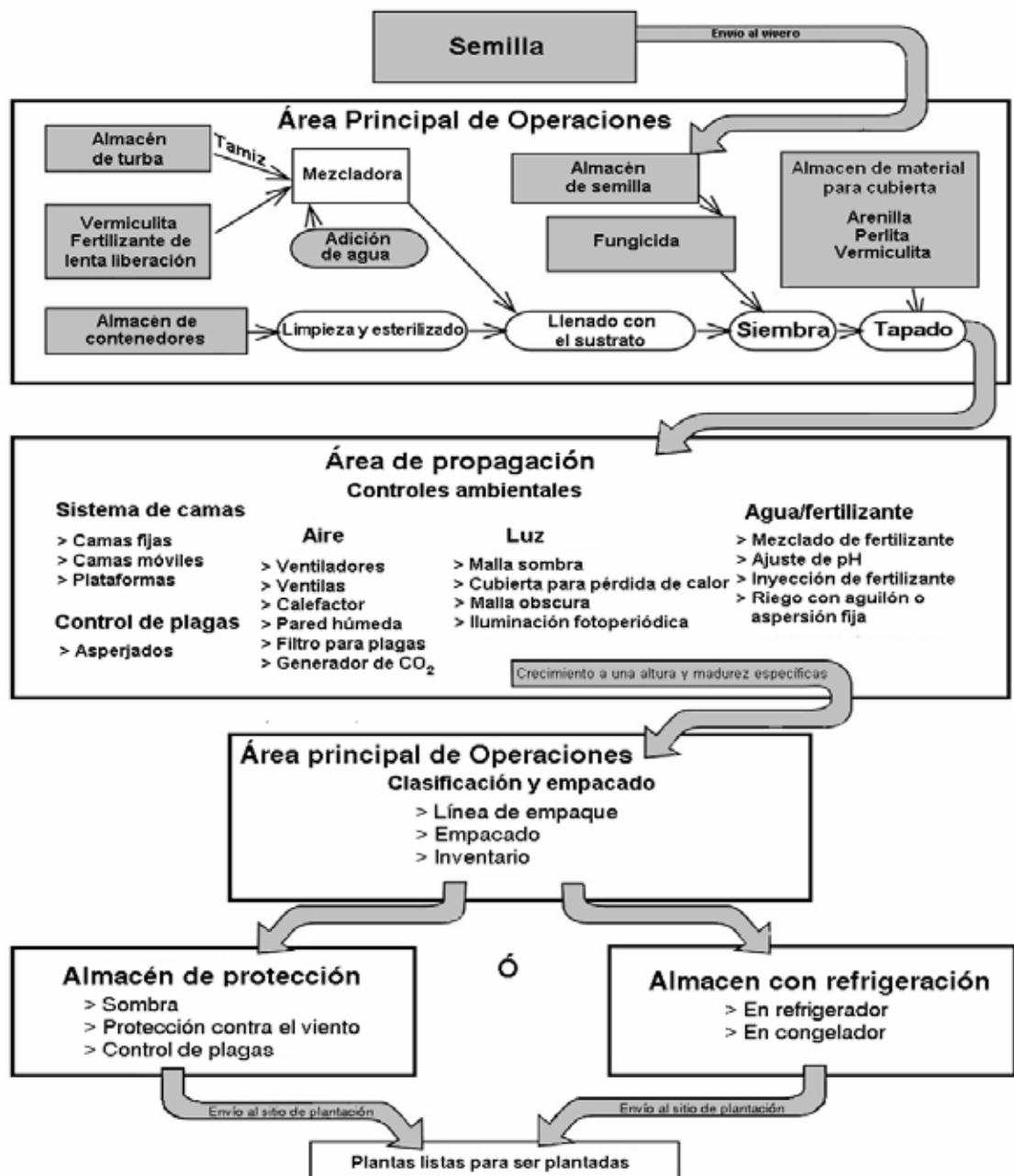


Figura 1.4.11 La producción de un cultivo en un vivero forestal que produce en contenedor consiste en una serie de procesos y operaciones secuenciadas (modificado de Conway, 1987).

Las raíces de las plantas producidas en contenedor y que se encuentran creciendo sobre la superficie, pueden alcanzar el suelo (fig. 1.4.12B). Estas raíces externas deben ser podadas antes de que la planta sea embarcada, lo cual no sólo demanda mano de obra extra, sino que además reduce la calidad de la planta. Para provocar la desecación de las raíces y que sean **podadas por el aire**, deberá de facilitarse la circulación del aire por debajo de los contenedores. Algunos de éstos han sido diseñados para fomentar la poda aérea (fig. 1.4.12C), mientras que otros deberán de establecerse sobre mesas con algún tipo de malla de alambre o algún otro tipo de soporte para crear la necesaria capa de aire (fig. 1.4.12D).



A



B



C



D

Figura 1.4.12 Las plantas forestales tienen un sistema radical agresivo (A y B), el cual requiere ser “podado al contacto con el aire” que circula por el espacio debajo de los contenedores. Algunos tipos de contenedores cuentan con soportes especiales (C), pero deberán colocarse sobre mesas diseñadas para facilitar la poda aérea (D).

Desde el punto de vista operativo, los contenedores deberán ser ubicados de forma tal que el uso del área de producción sea eficiente, además de que sean fácilmente manejados. El sistema de soportes de contenedores debe ser compatible con el sistema de manejo; un vivero que ha sido diseñado para mover plantas con un montacargas, tendrá un sistema diferente que aquellos que utilizan bandas transportadoras. Los pasillos

proporcionan acceso para los trabajadores y el equipo, sin embargo, reducen el espacio de producción. Lo más común es contar con pasillos principales de 0.9 a 1.5 m (3 a 5 pies) y pasillos laterales de 0.5 a 0.8 m (1.7 a 2.5 pies) (Aldrich y Bartok, 1989).

1.4.3.1 Plataformas

Los viveros que producen en contenedor que han sido diseñados para maximizar el manejo de materiales, usan algún tipo de plataformas de madera, metálicas o plásticas, que pueden ser manejadas mediante montacargas manuales o mecánicas (fig. 1.4.13A). Las dimensiones de las plataformas deberán ser diseñadas de forma tal que puedan ser fácilmente movidas por el equipo, y que puedan entrar fácilmente por la puerta principal de la estructura de propagación (fig. 1.4.13B). El acceso deberá también ser considerado para aquellas instalaciones como el área principal de operaciones, si es que en ésta se moverán contenedores para la siembra o para el empaque de la planta. Las plataformas deben ser construidas de forma tal que puedan estibarse fácilmente cuando no se están utilizando para ahorrar espacio (fig. 1.4.13C). Los cálculos para el diseño de plataformas que permitan el acomodo del número máximo de contenedores, permitiendo que se puedan manejar dentro de la estructura de propagación, son proporcionados en la sección 1.3.4.3 de este volumen.



A



B



C

Figura 1.4.13 Los contenedores sobre plataformas son movidos por montacargas (A) dentro del área de propagación (B). Aunque algunos viveros usan comúnmente plataformas de madera, otras son construidas con diseños especiales de metal, que promueven la poda aérea y se pueden empalmar cuando no están en uso (C).

1.4.3.2 Mesas

Las mesas permiten colocar a las plantas en un lugar seguro y cómodo, para realizar entresaca, deshierbe y otro tipo de actividades culturales, incluyendo la inspección de posibles enfermedades y otro tipo de problemas. En las estructuras de propagación que cuentan con sistemas de calefacción y enfriamiento, las mesas permiten una buena circulación del aire por debajo del cultivo. El sistema de calefacción por debajo de las mesas no sólo es más eficiente, sino que además permite elevar la temperatura del aire que se encuentra entre las plantas y en las raíces, estimulando un mejor crecimiento, a la vez que seca su follaje, reduciendo la incidencia de enfermedades foliares. Para lograr una máxima eficiencia de espacio, las mesas deben ser diseñadas específicamente para un tipo de contenedor dado (fig. 1.4.14A), aunque muchos viveros utilizan mesas de tipo estándar, que pueden soportar diversos tipos de contenedores.

Mesas fijas. Sus dimensiones en cuanto a superficie varían considerablemente, aunque su altura comúnmente es estándar, de 70 a 80 cm (28 a 32 pulgadas), la cual es la mejor para un trabajo confortable y seguro. En ancho varía de 1.2 a 1.5 m (4 a 5 pies) permitiendo perfectamente a los trabajadores alcanzar los contenedores que se encuentran en la parte media (Aldrich y Bartok, 1989). Muchas mesas de este tipo son hechas, utilizando como base materiales de madera, bloques de concreto, estructuras de metal o de madera (fig. 1.4.14A y B). Si éstas han sido diseñadas para un tipo de contenedor en particular, las superficies de las mesas son construidas de mallas de alambre de alta resistencia (fig. 1.4.12D) o de metal galvanizado expandido (fig. 1.4.14C), de forma tal que cualquier tipo de contenedor pueda ser utilizado. El costo de las mesas fijas puede variar considerablemente, en función del tipo de materiales y de las características del diseño (tabla 1.4.3).

Mesas móviles. Las mesas móviles o con rodillos son una innovación reciente. Permiten un excelente acceso incrementando la eficiencia del espacio de producción desde un 10 hasta un 25%. Están construidas con metal o madera y existen dos diseños generales (fig. 1.4.15). El diseño lateral permite el soporte de mesas permanentes; la parte superior de las mesas se mueve lateralmente, de forma tal que se puede crear un pasillo a diferentes intervalos mediante el movimiento de las mesas, ya sea manualmente o con algún equipo especial (fig. 1.4.15B y C). Las mesas tienen una longitud de hasta 61 m (200 pies) y pueden ser desplazadas de esta forma. Cuando el pasillo de acceso no es requerido, las secciones pueden ser desplazadas juntas para producir una cama continua. Los pasillos comúnmente tienen un ancho de 46 cm (18 pulgadas), aunque pueden ser ampliados hasta 69 cm (27 pulgadas), si es necesitado un mayor espacio (Aldrich y Bartok, 1989). Las mesas móviles lado a lado, se caracterizan por contar con un pasillo permanente a la mitad, y las plataformas se mueven con rodillos de extremo a extremo sobre las mesas. Con este diseño, un pasillo lateral puede ser creado donde se requiera y las plataformas pueden, incluso, ser movidas fuera de la pared de la estructura de propagación (fig. 1.4.15 D y E). Las mesas móviles pueden ser fabricadas directamente en el vivero o adquiridas en alguna casa comercial (Greenhouse Manager, 1993); sus altos costos deben ser balanceados contra el incremento en el espacio de producción (tabla 1.4.3).



A



B



C

Figura 1.4.14 Muchas de las mesas fijas están diseñadas para acomodar un tipo de contenedor en particular (A), mientras que otras sostienen diferentes tipos. Las mesas pueden ser “hechizas”, de materiales fácilmente disponibles (B) o construidas especialmente de aluminio o metal galvanizado para resistir el desgaste y la corrosión (C).

Tabla 1.4.3 Planeación de la estimación de costos para un equipo común de producción de planta

Tipo de equipo	Costo (\$USD)	Información de producción	Fuente
Mesas			
Fijas	16.14 – 48.42	Por m ² de área	Aldrich y Bartok (1989)
	1.50 – 4.50	Por pie ² de área	
Móviles	34.43 – 51.65	Por m ² de área	Aldrich y Bartok (1989)
	3.20 – 4.80	Por pie ² de área	
Manejo de contenedores			
Banda transportadora	8,000	75 pies + sección de manejo	Chris (1993)
Carga de contenedores			
Lavadora de charolas	5,500	7 – 10 charolas/min	McConkey (1993)
Mezcladora de sustrato	10,000	1.5 m ³ /3 min	McConkey (1993)
		2 yardas ³ /3 min	
Llenadora	13,000	6 – 30 charolas/min	McConkey (1993)
Sembradora			
Caja sembradora con rejilla móvil	100	Hasta 250 charolas/h	ND
Plato de vacío	500	Hasta 500 charolas/h	Speedling (1993)
Tambor de vacío	8,000	50 – 500 charolas/h	Elston (1991)
Precisión	10,500	20 – 200 charolas/h	Elston (1991)
Línea de sembrado automatizada	100,000	500 – 1,000 charolas/h	Reid (1994)
Línea de clasificación y empaque	3,000	Depende del trabajador	McConkey (1993)

1.4.3.3 Materiales de construcción

En el ambiente húmedo de los viveros, las estructuras de las plataformas o de las mesas deberán ser construidas de aluminio o de acero galvanizado para resistir la corrosión, o madera previamente tratada para prevenir la pudrición (ver sección 1.3.3.4 para un mayor detalle). Los soportes de las mesas pueden hacerse con una gran variedad de materiales incluyendo madera tratada, tubería metálica o bloques de concreto. Las mesas ya levantadas deberán tener la capacidad de soportar por lo menos 122 kg/m² (25 libras/pie²). La cubierta de las mesas es hecha de una rejilla de alambre, metal expandido o de tiras de madera para promover un buen drenaje y la poda aérea. Las mallas de alambre tienden a flexionarse si no son sujetadas adecuadamente, mientras que el metal galvanizado expandido aún y cuando es más caro, es más resistente (Langhans, 1980).

Las plataformas y mesas de plástico moldeado han sido recientemente introducidas en el mercado, y algunas están construidas de plástico reciclado o a base de madera con plástico. La superficie de este nuevo tipo de materiales no se astilla y es lisa, de forma tal que los contenedores pueden deslizarse fácilmente. El plástico, además puede limpiarse fácilmente, lo cual es una fuerte ventaja para prevenir el desarrollo de algas y musgo, lo cual permite tener un control sanitario entre cultivos. Las estructuras hechas a base de compuestos de plástico reciclado con madera son de un 20 a un 30% más pesadas que las de madera natural, y algunos tipos son ligeramente más flexibles bajo

temperaturas cálidas. Sus costos son competitivos con aquellas estructuras realizadas a base de madera tratada a presión (Sorvig, 1993).

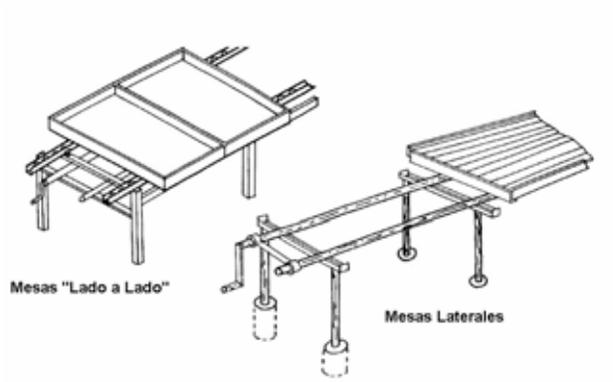


Figura 1.4.15 En años recientes, las mesas móviles o deslizables han llegado a ser más populares y son de dos tipos (A). Con el diseño lateral, los extremos de la cama se mueven hacia los lados en forma manual o con una manija especial (B y C), para generar un pasillo temporal. El diseño "Lado a Lado" se caracteriza porque las plataformas se deslizan a lo largo de la estructura de propagación (D) y pueden ser usadas para transportar los contenedores al área de endurecimiento o de empacado (E). (A, adaptado de Aldrich y Bartok, 1989).

1.4.4 Equipo para el Manejo de Materiales y Plantas

Después de que el sistema de soporte de los contenedores ha sido seleccionado, deberá decidirse por la mejor forma para mover las plantas y materiales a lo largo del vivero. Cada vivero deberá contar con un sistema para el desplazamiento de materiales desde el almacén hacia las áreas de trabajo y de los contenedores, tanto dentro como fuera del área de crecimiento (fig. 1.4.11). Algunos viveros utilizan el mismo método de transporte a lo largo de todo el proceso, como los diseñados conjuntamente con el sistema de plataformas, incluso algunos llegan a ser muy sofisticados (fig. 1.4.16A y B). Otros viveros utilizan una combinación de equipos.

El sistema de manejo deberá ser diseñado con antelación, es decir, al momento de la planeación del vivero, dado que esto ayudará tanto en el diseño como en la ubicación de las estructuras. En el proceso de diseño de un sistema de manejo, el énfasis deberá ponerse en la reducción de tiempos muertos y en la operación. Un diagrama de flujo deberá ser esbozado para todas las operaciones clave, tales como la siembra y el empaclado. Los constructores novatos deberán visitar otros viveros durante estas operaciones para darse una idea de todo el proceso involucrado. El sistema de manejo deberá ser diseñado de forma tal que tanto el equipo clave como los trabajadores, puedan contar con un flujo constante de materiales. Por ejemplo, una operación crítica en la línea de siembra manual está determinada por la persona que realiza la siembra, y deberá mantenerse con un suministro de contenedores llenos para reducir tiempos perdidos, haciendo con ello que la operación tienda a ser más eficiente. Muchos viveros utilizan bandas transportadoras para movilizar los contenedores ya sembrados hacia el área de propagación, así como la planta en completo desarrollo hacia el área de empaclado. Bartok (1986) proporciona una buena discusión con otras consideraciones para el diseño, eficiente y seguro de los sistemas de manejo.

Los sistemas de manejo comunes utilizan bandas transportadoras, carros eléctricos y plataformas para la movilización de plantas y materiales a través del vivero. Sus costos variarán con el grado de sofisticación del sistema.



A



B

Figura 1.4.16 Los sistemas de manejo de contenedores mueven plantas del área de propagación al área de endurecimiento (A) y de ahí a los sitios de plantación (B) y algunos son sumamente sofisticados.

1.4.4.1 Bandas transportadoras

Las líneas transportadoras son usualmente utilizadas para agilizar el movimiento de los contenedores durante la siembra o el empaque, así como para mover los contenedores previamente llenados hacia las áreas de propagación. Existen cuatro tipos comunes: de rodillos, de bandas, de cadena y de riel. Las líneas transportadoras con rodillos no tienen tracción y las hay disponibles en secciones de 1.5 a 3 m (5 a 10 pies), sobre las cuales los materiales son desplazados en forma manual (fig. 1.4.17A). Algunas veces éstas son un tanto limitadas debido a que los materiales deben tener soportes lisos o planos, o ser puestos sobre una pieza de madera. La línea a base de bandas (fig. 1.4.17B) cuenta con tracción mediante un motor eléctrico o hidráulico, y está disponible en una gran variedad de anchos y longitudes; los modelos para trabajo pesado pueden manejar desde 136 hasta 182 kg (300 a 400 libras). Este tipo de línea transportadora está disponible en secciones y puede alcanzar una longitud de hasta

30 m (100 pies). Las líneas a base de cadenas son similares pero utilizan cadenas móviles en lugar de bandas, además requieren que los contenedores tengan una base lisa (fig. 1.4.17C). La última categoría es la línea transportadora a base de rieles, la cual no cuenta con tracción y se desplaza sobre un riel colocado en la parte superior de la estructura de propagación (fig. 1.4.17D). Su uso debe ser considerado durante la construcción, dado que las estructuras deberán de soportar un peso adicional (Bartok, 1991b).

Las líneas transportadoras son particularmente útiles durante la siembra y el empaqueo para la movilización de los contenedores a lo largo de la línea y, además, para suministrar materiales a los trabajadores (fig. 1.4.17E). Con un gran equipo automatizado para la siembra y el llenado de los contenedores, los transportadores a base de una banda elevada son utilizados para mantener el suministro de las tolvas con sustrato. Con la gran variedad de las diferentes líneas transportadoras que están disponibles, los diseñadores de viveros deberán considerar cuidadosamente la gran variedad de usos antes de realizar la selección.



A



B



C



D



E

Figura 1.4.17 Diferentes tipos de líneas transportadoras están disponibles para usarse en cualquier área del vivero. Las líneas de rodillos (A) no son motorizadas, pero las de banda (B) y las de cadena (C) utilizan un motor eléctrico para transportar contenedores o materiales. Las líneas con rieles se sujetan a la estructura de propagación o a los aguilerones del sistema de riego (D). Las líneas transportadoras son un componente esencial para el llenado de contenedores, la siembra y el empaclado (E).

1.4.4.2 Equipo manual y vehículos motorizados.

Una gran variedad de carros provistos de ruedas, remolques, y equipos con motor han sido utilizados para la movilización de plantas y materiales en los viveros. Los viveros pequeños cuentan con carros y montacargas manuales para el manejo de materiales (fig. 1.4.18A). Los montacargas y tractores con aditamentos similares a los de un montacargas tienen muchos usos en los viveros, pero solamente pueden ser utilizados sobre pisos sólidos (asfalto o concreto) que sean capaces de soportarlos (fig. 1.4.18B).

Pequeños carros motorizados con remolques son comúnmente utilizados, pero la operación de motores de combustión interna en lugares cerrados donde labora el personal, es muy peligrosa. Por ello es recomendado el utilizar equipo que sea accionado mediante electricidad o gas propano (fig. 1.4.18C). Los viveros que producen planta en estructuras a cielo abierto, pueden utilizar tractores y remolques accionados mediante combustible, algunos de los cuales han sido modificados para el manejo de contenedores (fig. 1.4.18D).



A



C



D



B

Figura 1.4.18 Los contenedores e insumos son manejados con un montacargas manual (A), con un montacargas mecánico (B), o un carro eléctrico (C), los cuales pueden ser impulsados con propano o electricidad en áreas cerradas, por razones de seguridad. Los tractores y remolques impulsados con combustibles pueden ser especialmente modificados para transportar plantas en áreas a cielo abierto (D)

1.4.5 Equipo para la Producción de Plantas y Suministros

El objetivo de esta sección es proporcionar al constructor y diseñador de viveros una idea de los requerimientos que se tendrán al producir un primer cultivo. El **sistema** de producción de especies forestales en un vivero puede ser dividido en **procesos** separados (p.e. siembra de semilla), que consisten de **operaciones** (p.e. colocación de un número deseado de semillas por contenedor). Cada uno de estos procesos tienen **requerimientos** específicos incluyendo el equipo (p.e. sembradora) y suministros (p.e. semillas y electricidad). (Refiérase a la sección 1.1.4 para mayor discusión sobre este concepto y su terminología).

Para ser más efectivo y de costo eficiente, el equipamiento para la producción de plantas deberá ser seleccionado de forma tal que se pueda adecuar dentro de la secuencia de todo el proceso (fig. 1.4.11). Todas las diferentes etapas en el proceso pueden realizarse en forma manual, por lo que los requerimientos de equipo dependerán del tamaño y complejidad del vivero, así como de los recursos disponibles. La seguridad de los trabajadores es un punto importante a considerar, dado que muchas operaciones pueden llevar a la fatiga y lesiones, especialmente en aquellas tareas que demandan movimientos repetitivos, por lo cual deberán ser mecanizados, de ser posible. El método de propagación para una especie en particular también es un punto a considerar. Con algunos cultivos el equipamiento no puede ser justificado, pero para otros, llega a ser muy recomendable. Por ejemplo, un vivero que produce 2 millones de plantas de pino puede reducir significativamente los costos de producción mediante la adquisición de una sembradora. Si un vivero se especializa en satisfacer órdenes pequeñas de plantas nativas con una gran variedad de tipos y tamaños de semillas, posiblemente sea mejor realizar toda la siembra de forma manual. El intervalo de tiempo en el cual el proceso debe de ser completado es también significativo. Cuando haga una evaluación de las necesidades de equipo, tenga en cuenta qué tan continuamente y tan rápido debe llevarse a cabo el proceso. Si algo se hará constantemente o si es necesario realizarlo en corto tiempo, entonces será conveniente la mecanización. Sin embargo, si el proceso ocurre sólo una o dos veces al año, o si puede extenderse sobre un tiempo considerable, puede ser más rentable si se realiza una mecanización sencilla y se contratan más trabajadores. Lo anterior es particularmente cierto en los países en desarrollo, donde la mano de obra es relativamente barata y

los viveros satisfacen las necesidades de empleo local.

1.4.5.1 Contenedores

Tipos de contenedor. Se han utilizado una gran cantidad de tamaños y tipos de contenedores en los viveros forestales, y su selección dependerá de las especies que se producirán, del tipo de sistema de vivero y de las condiciones del sitio de producción. Los viveros que producen sus plantas bajo contrato comúnmente cuentan con contenedores cuyas especificaciones están determinadas por el contratista, e incluso algunos clientes pueden suministrar los contenedores. La selección del tipo de contenedor es uno de los aspectos más críticos en el desarrollo de un vivero, dado que afecta el diseño del área de propagación, el tipo de mesas portacharolas y la selección del equipo de producción y de manejo.

Aunque las plantas para mejoramiento genético y otro tipo de material especializado corrientemente se producen en grandes contenedores individuales (fig. 1.4.14C), la mayoría de las especies forestales son producidas en contenedores consolidados conocidos como **bloques** o **charolas** (ver figura 1.3.21). Los contenedores individuales dentro de un bloque son conocidos como **celdas** o **cavidades**. A pesar de que llegan a ser mucho más pequeños en volumen que un contenedor común, utilizado para producir otro tipo de cultivos ornamentales u hortícolas, muchas plantas de especies leñosas tienen sistemas radicales agresivos que pueden desarrollar una espiral en los contenedores normales, especialmente en la base. El espiralamiento de la raíz reduce significativamente la calidad de planta, debido a que se puede causar inestabilidad después de la plantación (fig. 1.4.19A). Para resolver este problema, en los viveros forestales han sido desarrollados contenedores especiales con costillas antiespiralamiento, o que están impregnados con químicos para la poda de las raíces (fig. 1.4.19B). (Una estimación de los costos de los contenedores comunes se proporciona en la tabla 1.5.1 del capítulo cinco de este manual. Una discusión amplia sobre las consideraciones biológicas y operativas en la selección de un contenedor, es proporcionada en el volumen dos de esta serie).



A



B

Figura 1.4.19. Muchas especies forestales tienen raíces agresivas que se enroscan en las paredes lisas de los contenedores, lo que causa inestabilidad después de la plantación (A). Los nuevos diseños de contenedores tienen la característica de contar con costillas laterales para forzar físicamente el crecimiento de las raíces hacia abajo, y tienen una cobertura que poda químicamente las raíces conforme crecen (B).

Limpieza y esterilización de contenedores usados.

Aunque algunos viveros utilizan papel biodegradable o bolsas de plástico de polietileno, la mayoría de los contenedores son más durables y han sido diseñados para ser reutilizados (fig. 1.4.20A). Sin embargo, antes de reutilizarlos, los contenedores deben ser limpiados para extraerles plantas y residuos de sustrato, además de que deben ser esterilizados para eliminar agentes fitopatógenos, musgo, algas y plantas hepáticas. En los viveros pequeños, los contenedores son limpiados en forma manual mediante su sacudido a efecto de remover materiales, para después sumergirlos en un depósito con una solución desinfectante o en agua caliente (fig. 1.4.20B). Los grandes viveros cuentan con un equipo automático denominado **lavadora de charolas**, que utiliza agua a presión que sale de boquillas para limpiar los contenedores y vapor o tanques de inmersión, para su esterilización (fig. 1.4.20C). Aún y cuando hay modelos comerciales, muchos viveros han

desarrollado sus propios sistemas de limpieza, los cuales comúnmente utilizan una sección de bandas transportadoras para el manejo de los contenedores durante este proceso. Considerando costos y seguridad de los trabajadores, el vapor y el agua caliente pueden ser tan efectivos como los esterilizantes químicos (Peterson, 1991). (Los productos químicos utilizados para la esterilización de contenedores son discutidos en el volumen cinco de esta colección).



A



B



C

Figura 1.4.20 Muchos viveros producen sus plantas en contenedores de reuso, los cuales deben ser almacenados (A), limpiados (B) y esterilizados (C), antes del siguiente cultivo.

1.4.5.2 Sustrato artificial

Aunque el suelo natural es utilizado en los países en desarrollo, el “suelo” usado en los modernos viveros que producen en contenedor es, de hecho, un medio artificial, que consta de una mezcla de componentes orgánicos e inorgánicos. (En la tabla 1.1.5 se ejemplifican los costos de un sustrato común. Una discusión a mayor detalle sobre los medios de crecimiento se encuentra en el volumen dos de esta serie).

Componentes. La mayoría de los viveros forestales de los Estados Unidos y Canadá utilizan una mezcla 1:1 de vermiculita y turba. La perlita puede adicionarse para incrementar porosidad, y en aquellos viveros donde la turba resulta extremadamente cara, se utilizan la corteza de pino y otros compuestos orgánicos. Una gran variedad de sustratos premezclados pueden ser adquiridos de manera comercial en sacos o bolsas (fig. 1.4.21A). Algunos distribuidores ofrecen mezclas hechas de acuerdo a las especificaciones del productor, sin embargo, esta opción debe ser cuidadosamente evaluada antes de adquirir cualquier equipo de mezclado. Los fertilizantes de liberación lenta y otro tipo de productos, son comúnmente adicionados en muchas marcas de sustratos premezclados. Algunos de estos productos, tales como la caliza dolomítica, pueden provocar problemas de crecimiento en algunas especies. Por lo tanto, los productores siempre deberán especificar que su sustrato sea preparado sin este tipo de elementos, a menos que sean específicamente requeridos.

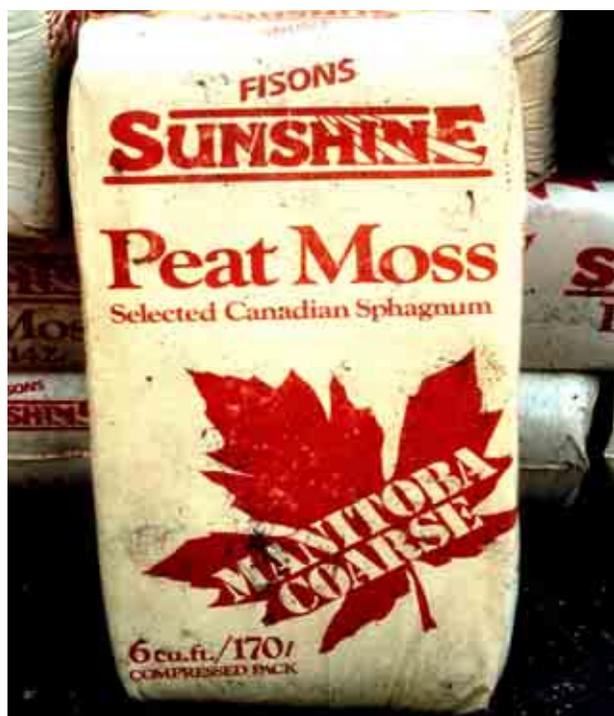
Tanto la vermiculita como la turba de musgo pueden ser adquiridas en sacos, los cuales son menos costosos, pudiéndose almacenar hasta que sean necesitados. La vermiculita viene en bolsas de plástico holgadas, pero la turba se presenta en pacas compactadas (fig. 1.4.21B). Debido a que el plástico se deteriora rápidamente con la luz solar, las bolsas deberán ser almacenadas o colocadas bajo algún tipo de cubierta. Aún y cuando el sustrato comercial es considerado como estéril, en años recientes se han llegado a tener algunos problemas con algunas fuentes de turba de musgo, por lo que muchos productores han solicitado la pasteurización de su sustrato con vapor (fig. 1.4.21C). Con un adecuado manejo, el sustrato o sus componentes pueden ser almacenados durante muchos años sin que disminuya su calidad. Sin embargo, en muchos viveros prefieren mezclar su propio medio de crecimiento, no sólo porque resulta más barato, sino también porque les permite tener un control preciso de su composición y calidad.

Mezclado del sustrato. El objetivo de este procedimiento es mezclar completamente los componentes sin destruir la estructura física de la turba y la vermiculita, dado que ambas son frágiles. Un sobremezclado reduce la porosidad, lo cual puede traer problemas en el crecimiento de las plantas y potenciales enfermedades de la raíz. Los viveros pequeños realizan el mezclado de los componentes de forma manual, ya sea sobre el piso o en algún tanque. El material mezclado es usualmente paleado y depositado sobre una banda transportadora, que lo deposita en una tolva o depósito, para abastecer a la mesa o al equipo de llenado de los contenedores. Los viveristas que manejan su sustrato en una forma apropiada pueden obtener un mezclado adecuado, y considerar que esta labor es más barata que la adquisición de un equipo de mezclado. Sin embargo, el mezclado manual incorpora una mayor variación dentro de la operación. La variación en la uniformidad del medio de crecimiento y de la compactación dentro del contenedor, es la causa de muchos problemas posteriores durante la etapa de cultivo, dado que afecta tanto la disponibilidad de agua como la de nutrientes minerales.

Existen en el mercado diferentes tipos de equipo de mezclado, y cuando son utilizados adecuadamente pueden producir un medio de crecimiento más uniforme. Las revolventoras de cemento pueden ser usadas para mezclar pequeños lotes de sustrato (fig. 1.4.22A); sin embargo, necesitan una continua supervisión para lograr un mezclado uniforme y que la estructura de las partículas no se destruya. Los viveros grandes pueden justificar la adquisición de una **mezcladora de lotes**, que utilizan paletas y un “sin fin” para mezclar de 0.75 a 3 m³ (1 a 4 yardas³) de sustrato al mismo tiempo (fig. 1.4.22B). Un equipo más especializado y costoso, es el **equipo de mezclado continuo**, que está diseñado para abastecer de sustrato al área de llenado de contenedores, y a las líneas de siembra a tasas mayores de 38 m³ por hora (50 yardas³/hora). Este equipo utiliza mezcladoras de banda que miden los componentes del sustrato desde depósitos separados, y los incorpora en proporciones deseadas (fig. 1.4.22C). Esta mezcladora especializada ha sido diseñada para mezclar fertilizantes incorporados y otro tipo de productos a tasas precisas (Gleason, 1986). Los viveros normalmente utilizan este equipo para el mezclado de grandes volúmenes de sustrato, que son almacenados hasta que son utilizados. Sin embargo, ninguno de estos equipos son infalibles, por lo cual es importante mantener una operación y supervisión adecuadas para lograr obtener un sustrato uniforme y de alta calidad.



A

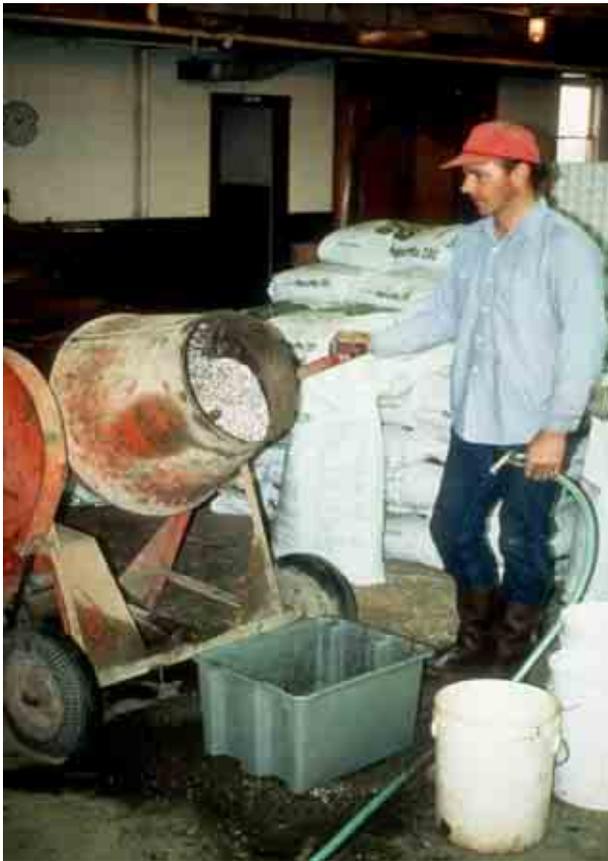


B



C

Figura 1.4.21 El medio de crecimiento artificial está compuesto comúnmente por musgo turboso (del género *Sphagnum*) (peat moss) y vermiculita, y existe disponibilidad de bolsas premezcladas para el llenado de los contenedores (A). Algunos viveros adquieren los suministros (B) necesarios para hacer sus propias mezclas. La vermiculita y la perlita son estériles, pero la turba deberá ser tratada con vapor (C) o fumigantes químicos antes de ser utilizada.



A



B



C

Figura 1.4.22 Pequeñas cantidades de sustrato pueden ser mezcladas manualmente o en revolvedoras de concreto (A), pero los viveros grandes usan un conjunto de mezcladoras de lotes para abastecer continuamente con sustrato la línea de llenado y siembra (B). El equipo de mezclado continuo ha sido diseñado para asegurar un mezclado homogéneo y distribuir los materiales incorporados, sin alterar la estructura física de los componentes (C). (C, cortesía de J. Reid, Inno-Tec, Thunder Bay, ON, EUA).

1.4.5.3 Líneas de siembra

La siembra es una de las operaciones más críticas dentro de las actividades del vivero, además una de las que demanda mayor mano de obra. Por lo tanto, muchos viveros utilizan una variedad de equipo para mejorar la calidad de las diferentes tareas en el proceso de siembra, a la vez que se eficientiza el tiempo y se reduce la mano de obra. Algunos viveros integran una secuencia de diferentes tipos de equipo, en lo que se conoce como **línea de siembra**. En forma general, el proceso consiste de cuatro operaciones secuenciadas:

1. Llenado de contenedores (fig. 1.4.23A)
2. Compactación del sustrato (fig. 1.4.23B)
3. Siembra (fig. 1.4.23C)
4. Tapado de la semilla (fig. 1.4.23D).



A



B



C



D

Figura 1.4.23 La línea de siembra consiste de una serie de operaciones secuenciadas, las cuales pueden ser mecanizadas para incrementar la calidad y velocidad: llenado de contenedores (A), compactado del sustrato en el contenedor para la siembra (B), siembra (C) y tapado de la semilla (D) (*continúa*).



E

Figura 1.4.23 (continuación) Aunque algunos viveros arman una línea de siembra con equipos diferentes, es posible adquirir líneas completas automatizadas de siembra, de diferentes marcas, para realizar todo el proceso (E).

El equipo utilizado en cada una de estas operaciones es analizado en las siguientes secciones. Varios fabricantes han desarrollado equipos de siembra automatizados y mecánicamente sofisticados, los cuales combinan una línea de sembrado completa dentro de un proceso secuencial. Los componentes de las diferentes líneas de siembra automatizadas varían entre los fabricantes, sin embargo, todos consisten de una serie de máquinas ensambladas en una secuencia apropiada y típicamente están conectadas con bandas transportadoras (fig. 1.4.23E). La principal ventaja de un equipo de siembra automatizado es su conveniencia, ya que el proceso completo es contenido en un solo paquete que puede ser suministrado por la misma compañía. Muchos ofrecen componentes intercambiables, como las sembradoras de vacío para ajustarse a los diferentes contenedores y semillas. Sin embargo, una línea de siembra automatizada es relativamente costosa, y tiene la desventaja de que alguno de sus componentes puede no trabajar adecuadamente. Los viveros que construyen sus propias líneas de siembra pueden utilizar diferentes tipos de equipo y cambiarlos, en el momento en que nuevos equipos y de mejores características llegan a estar disponibles.

1.4.5.4 Equipo para el llenado de contenedores

En viveros pequeños y medianos, los contenedores pueden ser llenados de sustrato con un equipo muy simple, pero en los viveros grandes la mecanización resulta necesaria para ahorrar tiempo y mano de obra. Una gran variedad de máquinas compactadoras y de llenado están disponibles de manera comercial (Roskens, 1993).

El llenado de contenedores consiste de dos operaciones simultáneas: el llenado de los contenedores con sustrato y la compactación uniforme de éste. Los contenedores pueden ser llenados a mano, sin embargo, esto introduce variaciones no deseables dentro de la operación, además de que es relativamente lento. Muchos viveros usan un llenador hechizo, el cual consiste de un depósito para el almacén del sustrato y de una superficie de llenado donde el medio de crecimiento es compactado en el interior de los contenedores (fig. 1.4.24A). El sustrato fluye hacia la salida del depósito y es distribuido manualmente a lo largo de la superficie del contenedor para llenar las cavidades. Algunas máquinas llenadoras cuentan con un árbol de levas accionado por un motor eléctrico, ubicado en la parte inferior. Esta máquina vibra constantemente hacia arriba y hacia abajo, sacudiendo el contenedor e incrementando

la uniformidad de la compactación y acelerando el proceso de llenado. En la actualidad existen varias llenadoras comerciales que pueden adaptarse a los contenedores forestales (fig. 1.4.24B). Este equipo consiste de un depósito para el manejo de la mezcla de sustrato y de una banda transportadora integral, para el movimiento de la mezcla hacia el área donde se verterá el sustrato en el contenedor. Este último se mueve por otra banda transportadora a la vez que se sacude con un vibrador motorizado. Los excedentes del medio de crecimiento que no han sido utilizados, pueden verterse en el depósito para su reciclamiento.

Después de que los contenedores han sido llenados, se deberá dar forma a la superficie del sustrato y deberá ser compactado para lograr un espacio para la semilla, proceso conocido como **compactación**. Los compactadores pueden ser hechos de madera o plástico y consisten de una placa con pequeñas protuberancias que se ajustan al diámetro de las cavidades, su longitud es igual a la profundidad de siembra deseada. Cuando la placa es presionada sobre la superficie de los contenedores, las protuberancias compactan y moldean el sustrato en cada cavidad (fig. 1.4.24C). Un compactador automatizado utiliza una prensa neumática que cuenta con puntas cónicas o convexas para crear una depresión cónica, la cual obliga a la semilla a depositarse al centro de la cavidad (fig. 1.4.24D). Algunas líneas de siembra automatizadas, cuentan con un tambor rotatorio con protuberancias ubicadas acorde al espaciamiento de las cavidades en el contenedor (fig. 1.4.23B).



A



B



C



D

Figura 1.4.24 Los equipos hechos para el llenado de contenedores utilizan movimientos vibratorios o de agitación para eliminar las bolsas de aire (A); los modelos comerciales más sofisticados ofrecen el reciclado del sustrato y otras características (B). Los contenedores llenos son presionados para compactar el sustrato y producir un espacio para la semilla manualmente (C) o como parte de la línea mecanizada de siembra (D).

1.4.5.5 Equipos de siembra

Aunque la siembra manual es posible para todas las especies forestales, generalmente es considerada un proceso demasiado lento para ser rentable, dado que las labores a desarrollar tienen un costo alto. La mayoría de las coníferas y muchas semillas de especies latifoliadas pueden sembrarse mecánicamente con buena precisión, siempre y cuando la calidad de la semilla sea alta; las semillas muy pequeñas, muy largas o de forma irregular, normalmente son sembradas de forma manual. La operación en el vivero que produce en contenedores requiere limpieza y alta calidad de semilla, con una capacidad de germinación conocida. La semilla limpia simplifica la siembra e incrementa la velocidad y precisión, pues todos los sembradores trabajan mejor con ella. Una germinación alta (mayor al 85%) permite sembrar pocas semillas por cavidad, lo cual reduce el tiempo de sembrado y baja los costos. (Ver capítulo 2 en el volumen seis para información específica sobre calidad de semilla y siembra).

Sembradora de caja perforada con rejilla móvil. Una sembradora simple y de bajo costo, es la caja perforada con rejilla móvil, la cual es una caja rectangular con un depósito en un extremo para las semillas y un rejilla de siembra en el otro extremo (fig. 1.4.25A). La rejilla sembradora corresponde a la dimensión exterior del bloque del contenedor o charola, y contiene un plato de fondo con una rejilla agujerada que corresponde al patrón de cavidades en el contenedor. Esto significa que una caja sembradora de este tipo comúnmente se construye para cada tipo específico de contenedor, y si se necesita sembrar diferentes tipos de contenedores, entonces tendrá que tenerse una caja sembradora para cada tipo. La parte superior de la rejilla de siembra es una placa con perforaciones que siguen el mismo patrón del plato del fondo o base, pero compensado lateralmente (fig. 1.4.25B). Las cavidades en la placa son perforadas al tamaño necesario para retener el número de semillas a ser sembradas, usualmente de 2 a 6. Se necesitan placas diferentes para sembrar diferentes números de semillas por cavidad, o por tipo de semilla.

Para manejar la caja sembradora, el operador extiende manualmente la semilla sobre la placa, asegurándose de que cada cavidad sea ocupada (fig. 1.4.25C). El exceso de semilla es barrido y regresado al depósito. Cuando la placa se mueve lateralmente, las cavidades quedan alineadas con aquellas del plato de fondo, y las semillas caen en el contenedor (fig. 1.4.25D). La operación de la caja con rejilla perforada para sembrar requiere práctica,

pero los trabajadores experimentados pueden llevar a cabo siembras aceptables con este dispositivo simple. Estas cajas sembradoras pueden construirse manualmente, de madera, metal o plástico, y también las hay disponibles comercialmente. Su funcionalidad se mejora utilizando semillas más o menos redondas como las de pino, pero se atorarán si están sucias.



Figura 1.4.25. La sembradora de placa perforada con rejilla móvil ofrece una simple pero efectiva manera de incrementar la velocidad de siembra y la eficiencia. Las cajas se hacen de acuerdo con cada tipo de contenedor (A), con espacios precisos entre perforaciones en la placa (B) que aseguran que el número deseado de semillas sea depositado en cada celda cuando la rejilla se mueve lateralmente (C y D).

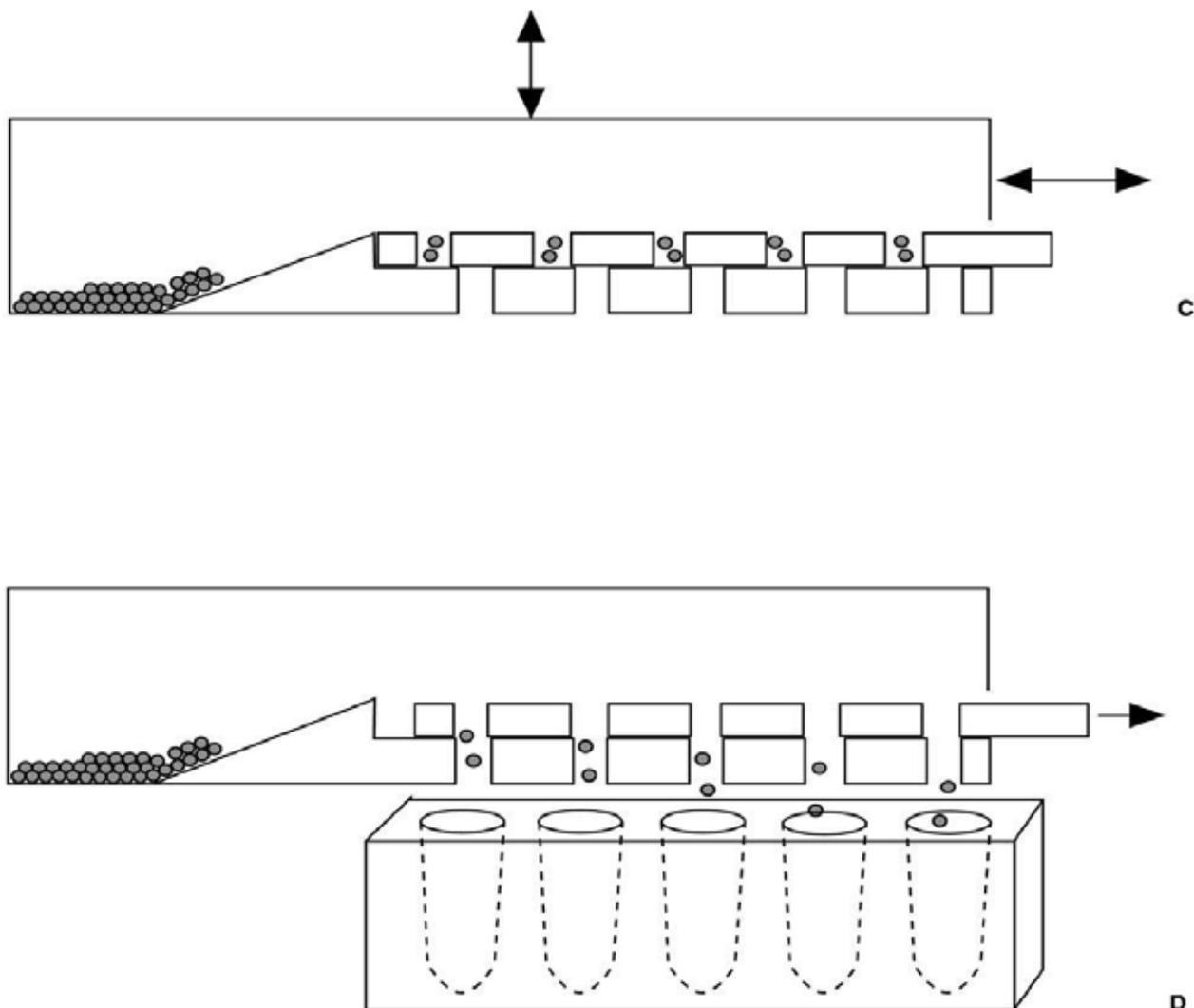


Figura 1.4.25 (continuación).- Las cajas se fabrican de acuerdo a cada tipo de contenedor, con espacios exactos entre las perforaciones de la rejilla (B) que aseguran que el número deseado de semillas se ha depositado en cada celda cuando la rejilla se mueve lateralmente (C y D).

Sembradora de vacío. La sembradora de vacío (o de succión), consiste de una placa perforada que es conectada a una aspiradora (fig. 1.4.26A). La placa es de la misma medida que el bloque del contenedor, y tiene un patrón de oquedades en la rejilla que corresponde con la posición de las cavidades en el contenedor. El número de perforaciones en cada posición determina el número de semillas por cavidad. Cuando la placa perforada es colocada sobre la charola que contiene la semilla y se produce el vacío, las semillas son retenidas por la placa (fig. 1.4.26B). La estructura se alinea entonces sobre el contenedor y el vacío es interrumpido, permitiendo que las semillas caigan en las cavidades del contenedor (fig. 1.4.26C). La sembradora de vacío

puede ser hecha en casa, y la manufactura es relativamente barata.

La caja perforada de rejilla móvil y la sembradora de vacío son ideales para viveros pequeños y de tamaño mediano, porque se requiere una baja inversión inicial y son sorprendentemente productivas. Ambas son razonablemente precisas en el número deseado de semillas a sembrar por cavidad, pero la mayoría de los viveros usan siembra manual para corregir las deficiencias (fig. 1.4.26D). Las formas reales de producción varían considerablemente debido a las diferencias de líneas de siembra, mano de obra, calidad de semilla y supervisión. Sin embargo, el potencial de producción es de 300,000 a 500,000 cavidades por máquina, por día.



A



C



B



D

Figura 1.4.26. La sembradora de vacío (A) succiona las semillas y las retiene en la oquedad que coincide con el mismo patrón de la rejilla y las celdas del contenedor. El número de cavidades determina la densidad de siembra (B). Cuando el vacío se interrumpe, el contenedor es sembrado completamente de una sola vez (C). Tanto la caja perforada con rejilla móvil como la sembradora de vacío requieren supervisión, y a menudo se necesita semilla extra para sembrarla en cavidades vacías (D).

Sembradoras automáticas y de precisión. El siguiente nivel de sembradoras corresponde a las mecánicamente más sofisticadas y costosas, pero muy eficientes, que liberan el número exacto de semillas en cada cavidad (Reid,1994). Hay varios modelos de sembradoras automáticas para su adquisición, con una variedad de técnicas de liberación de semilla, y precisiones de siembra del 90% o más. La sembradora de tambor con su característico tambor de vacío, recoge las semillas de una tolva y las deja caer en una hilera al mismo tiempo, cuando el contenedor pasa por debajo sobre la banda transportadora (fig. 1.4.23C). Algunas sembradoras automáticas retienen una o dos semillas a un tiempo en la boquilla de vacío y luego las distribuye, dejándolas caer en los contenedores (fig. 1.4.27A). La mayoría puede ajustarse a diferentes tipos de contenedores con mínimas modificaciones, pero los alimentadores vibratorios pueden manejar diferentes tamaños o formas de semillas mejor que los modelos de vacío. Sin embargo, las sembradoras de vacío son por lo general más rápidas.

Los equipos más sofisticados de siembra son las sembradoras de precisión, las cuales han sido diseñadas para colocar específicamente una semilla por cavidad, eliminando así la necesidad de raleo o trasplante (Reid,1994). La eficiencia de siembra puede ser tan alta como 98% (fig. 1.4.27B). Algunos modelos recogen semillas individuales con placas perforadas de succión (fig. 1.4.27C), algunas usan alimentadores vibratorios para aislar una sola semilla, y sensores electrónicos para controlar la siembra, mientras que otras utilizan solamente la vibración y sistemas de distribución (fig. 1.4.27D). Las sembradoras de precisión deberían ser usadas solamente con semillas de la más alta calidad: limpias, de tamaño uniforme, y de muy alto porcentaje de germinación. Las capacidades de producción de los diferentes modelos varían ampliamente, pero todos son relativamente costosos. Las sembradoras de precisión se pueden justificar en viveros grandes, con líneas eficientes de siembra. La tecnología en la siembra de precisión aún está en desarrollo, por lo que antes de decidir qué sembradora de precisión comprar, los diseñadores de viveros deberán establecer contacto con otros viveros, para entender como funciona este equipo bajo condiciones operativas.

Lo último en siembra de precisión consiste en poner una semilla pregerminada en cada contenedor, asegurando cerca del 100% de celdas ocupadas y eliminando costos por cavidades vacías o por raleos. Los protocolos en investigación sobre pregerminación y los experimentos de siembras en

líquido o gel continúan, y el equipo ya ha sido perfeccionado para algunos cultivos hortícolas. El problema con la mayoría de las especies forestales es que la calidad de la semilla es extremadamente variable, debido a la dificultad para su limpieza y procesamiento, así como la compleja dormancia. Sin embargo, los viveros que producen grandes lotes de planta con limpieza uniforme y altos porcentajes de germinación en la semilla, pueden encontrar un uso para estos nuevos equipos.

Cubrimiento de la semilla (con arenilla).

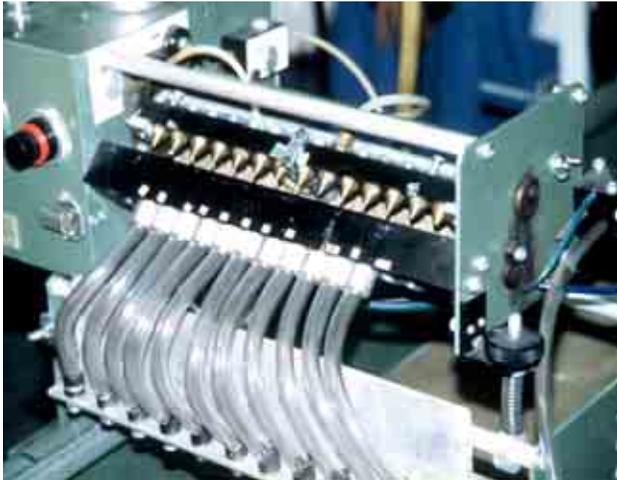
Después de que los contenedores son sembrados, la semilla se cubre con una delgada capa de arena, gravilla, vermiculita, perlita, o algún otro material para cubrir. El cubrimiento de la semilla permite que físicamente ésta sea retenida en el sitio (cavidad), a la vez que evita el crecimiento excesivo de algas, musgo, o hepáticas, las cuales pueden retrasar o inhibir completamente la germinación (fig. 1.4.28A). Materiales blancos como la perlita o la arenisca se recomiendan porque reflejan la luz solar, manteniendo a la semilla a una temperatura y humedad deseable (fig. 1.4.28B). Para cubrir la semilla se aplica una capa uniforme sobre el límite del bloque del contenedor y a la profundidad deseada. Las cubiertas que son demasiado delgadas provocarán que la semilla se seque, mientras que las que son demasiado gruesas pueden inhibir la germinación. La aplicación irregular de la cubierta puede ser peor que todo lo anterior, porque provocará germinaciones desiguales y complicará las prácticas culturales posteriores (fig. 1.4.28C). El cubrimiento algunas veces se hace manualmente, pero a menudo se utiliza maquinaria simple, que es también de fabricación casera (fig. 1.4.28D). Las líneas automatizadas de siembra depositan la cubierta exacta en cada contenedor al pasar por la banda transportadora (fig. 1.4.23D).



A



C



B



D

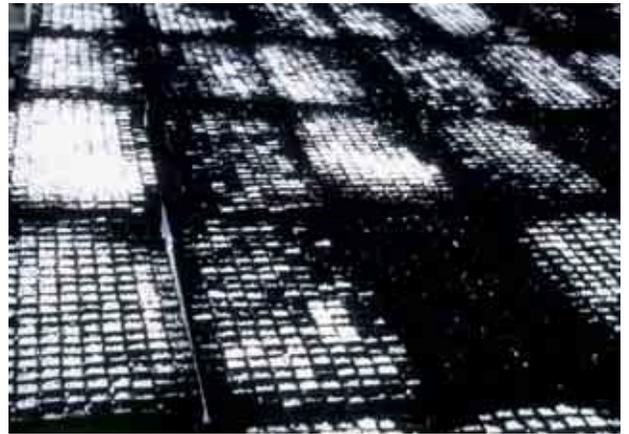
Figura 1.4.27. Las sembradoras automáticas y de precisión ofrecen un excelente control en la densidad de siembra. Los modelos de vacío retienen las semillas en un tambor rotatorio o una boquilla hueca (A) y dejan caer la semilla directamente en el contenedor o bien, usan una serie de tubos (B) para asegurar la colocación exacta (C). En otros modelos sobresale el uso de alimentadores vibratorios y sensores electrónicos para contar con precisión las semillas (D).



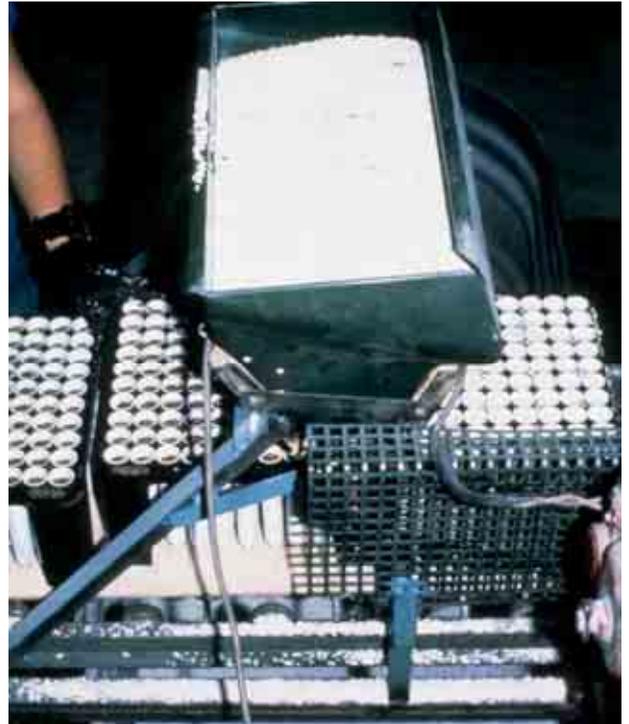
A



B



C

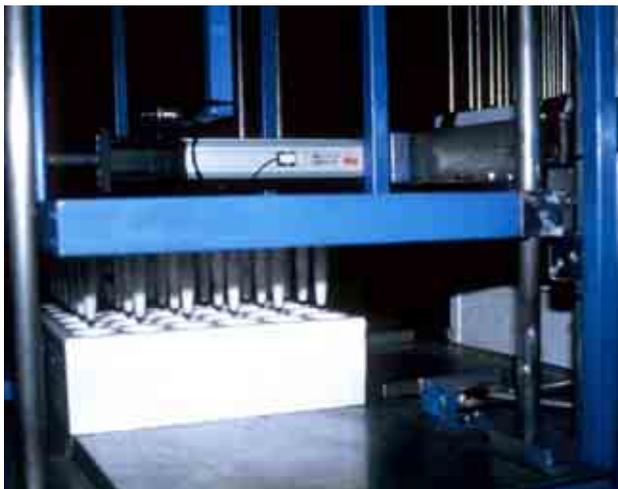


D

Figura 1.4.28. El cubrimiento de la semilla la retiene en la cavidad y reduce el crecimiento de algas, musgos y hepáticas (A). Los materiales blancos como la perlita o la gravilla (B) se recomiendan porque reflejan la luz solar y reducen la posibilidad de lesiones por calor. Las aplicaciones irregulares resultan en una germinación variable (C), así que la mayoría de los viveros usan equipos para asegurar el cubrimiento homogéneo de la semilla (D).

1.4.5.6. Equipo para el trasplante

En la actualidad, el trasplante de plántulas de un contenedor a otro no es una práctica común en los viveros forestales. Sin embargo, algunos viveros manejan el trasplante extra de plántulas para ocupar las celdas vacías durante la fase de germinación, especialmente cuando se tiene poca semilla. En los últimos años, diversos tipos de trasplantadores mecánicos han sido desarrollados para trasplantar cepellones en miniatura con flores y hortalizas a contenedores más grandes (Onofrey,1993). Existe la necesidad de equipos de trasplante para plántulas de especies forestales, porque el espacio de producción en el invernadero es caro y el costo del trasplante manual es elevado. Un trasplantador automático en la etapa de desarrollo, trasplanta plántulas con cepellón en miniatura que crecen en un cultivo intensivo, a contenedores grandes que pueden ser producidos bajo cultivo extensivo (Hodgson,1993). Las plántulas crecen en pocas semanas en contenedores Miniblock®, con un medio de crecimiento especial que es retenido por las raíces en el cepellón. El proceso de trasplante consiste en rellenar con sustrato a los contenedores de mayor capacidad (fig. 1.4.29A), luego se empuja mecánicamente al minicepellón dentro de la cavidad (fig. 1.4.29B). Los ensayos operativos con esta nueva tecnología de propagación comúnmente son como se describió y, los resultados iniciales son promisorios.



A

Figura 1.4.29. El trasplante de plántulas de contenedores miniatura a contenedores más grandes es una nueva tecnología promisoriosa. Los contenedores más grandes son rellenados con el sustrato (A) y entonces las plántulas con cepellón pequeño se trasplantan empujando dentro de la cavidad (B). (Cortesía de Beaver Plastics Ltd., Edmonton, AB.)



B

1.4.5.7. Equipo para aplicación de plaguicidas

A pesar de los mayores esfuerzos del productor en la prevención, ocasionalmente será necesario usar plaguicidas para proteger el cultivo. En los viveros que producen especies forestales en contenedor, los plaguicidas típicamente son aplicados como tratamientos a la semilla, en forma de aspersión o de saturación y aerosoles. El mejor método de aplicación dependerá de varios factores: el tipo de plaguicida, las restricciones legales, las características de la plaga en cuestión, la sensibilidad del cultivo, las condiciones ambientales y el tipo de equipo.

Sin embargo, la mayoría de plaguicidas son aplicados por aspersión. Los asperjados foliares se usan para insectos y patógenos visibles, y las saturaciones para problemas de raíz. Ambas técnicas requieren la mezcla del plaguicida con agua, así como la aplicación en el área del problema con aspersoras portátiles o inyectándolo a través del sistema de riego. Los asperjados foliares requieren de una presión de moderada a alta en las boquillas, para asegurar una cobertura uniforme sobre las plántulas, recomendándose una boquilla con un cono sólido o hueco. La saturación requiere baja presión en las boquillas, lo que

permite que el plaguicida se infiltre completamente en el medio de crecimiento. La formulación del plaguicida también afectará el tipo de equipo aspersor porque algunos materiales, tales como los polvos humectantes, deben ser agitados. Bohmont (1993) es una fuente excelente de información en todos los aspectos del uso de plaguicidas. (Ver volumen cinco de esta serie, para información específica sobre estrategias de manejo de plagas, aplicación de plaguicidas, manejo y almacenamiento.)

Aspersoras portátiles. Los productores deberán estar supervisando constantemente sus cultivos para que las plagas y enfermedades puedan ser detectadas cuando el problema todavía está confinado en pequeñas áreas. Esas áreas afectadas pueden ser tratadas con aspersoras manuales (fig. 1.4.30A). Las aspersoras portátiles se encuentran de todas las medidas, pero la selección dependerá de la cantidad de plaguicida que necesita ser aplicado. Los productores nunca deberán mezclar más químicos que aquellos que deban ser usados en una aplicación; las aspersiones manuales son ideales para tareas pequeñas; pero para aspersiones más extensivas se necesitan equipos de alta capacidad (fig. 1.4.30B).

La nueva tecnología está revolucionando la aplicación de plaguicidas. Aunque son más caras, las aspersoras de bajo volumen están reemplazando rápidamente a las aspersoras hidráulicas en los viveros (Bartok, 1992). Mientras que las aspersoras tradicionales utilizan grandes volúmenes de plaguicidas diluidos, las aspersoras de bajo volumen usan cantidades relativamente pequeñas del concentrado. Éstas economizan tiempo y dinero porque cubren el cultivo más uniformemente y más rápido, y dado que usan un concentrado, el trabajo y los riesgos potenciales del mezclado son eliminados.

Particularmente, las aspersoras electrostáticas son atractivas para viveros de contenedor porque los modelos pequeños portátiles que están disponibles pueden usarse con seguridad en distancias cortas (fig. 1.4.30C). Estas aspersoras producen pequeñas gotas con una carga positiva y que se dispersan bien porque se repelen una con otra. La cobertura es excelente, pues las gotas son atraídas por la planta, cargada negativamente. Incluso pueden llegar a alcanzar la base de las hojas. Las aspersoras electrostáticas ayudadas por aire son más efectivas que los modelos mecánicos o de gravedad (Lindquist y Powell, 1991).

Aspersoras de aguilón. Cuando grandes áreas requieren tratamiento, las aspersoras de aguilón son la manera más eficiente para aplicar plaguicidas. Los viveros con equipo de inyección de fertilizantes también pueden inyectar plaguicidas y otros químicos directamente en el sistema de riego. Ambos métodos tanto de aspersión foliar como de saturación, pueden ser aplicados, dependiendo de la boquilla usada y la duración de la aplicación. Esta técnica también es segura porque el operador no tiene que estar en el invernadero, mientras que la aplicación está en proceso. Aunque también pueden utilizarse sistemas fijos de asperjado, la cobertura deficiente significa mayor gasto de plaguicida y habrá más escurrimiento (Dumroese *et al*; 1992). Los plaguicidas pueden ser aplicados a cultivos a cielo abierto utilizando aspersoras móviles de aguilón (fig. 1.4.30D).

La posible contaminación del agua provocada por plaguicidas agrícolas es una preocupación en aumento, de este modo, algunas compras de equipo para aplicación de plaguicidas deberán considerar la contaminación potencial en adición al costo y la eficiencia.



A



B



C



D

Figura 1.4.30. Los plaguicidas líquidos se aplican con aspersoras manuales (A) o equipos de aspersión portátiles de mayor capacidad (B). Los nuevos equipos de bajo volumen tales como la aspersora electrostática (C), usan menos plaguicida y proveen mejor cobertura. Las aspersoras de aguilón con tracción pueden ser usadas para aplicar plaguicidas o fertilizantes líquidos en áreas expuestas a cielo abierto (D).

1.4.6. Equipos para la Cosecha.

El siguiente paso en el ciclo de producción, involucra el movimiento de plantas a un área donde pueden ser clasificadas y empacadas para almacenamiento (fig. 1.4.11). Algunos viveros hacen esto en los pasillos de las áreas de propagación, mientras que otros mueven las plantas hacia el área principal u otras áreas de trabajo. La forma en la cual las plantas serán llevadas a los sitios de plantación determina el tipo de cosecha y el sistema de almacenamiento que se requerirá. Hay dos opciones: embarcar las plantas en su contenedor, o removerlas de éste y enviarlas en cajas. Los viveros que guardan sus plantas en almacenes acondicionados, usan camiones equipados específicamente para entregarlas a los sitios de plantación definitiva. Sofisticados equipos han sido desarrollados para manejar la planta en el vivero y cargarla a los camiones para su entrega (fig. 1.4.16 A y B). Cuando las plantas son embarcadas con sus contenedores, pueden diseñarse estibas para protegerlas y prevenir el daño por compactación (fig. 1.4.31A).

Figura 1.4.31.- Las plantas que son embarcadas en su contenedor al sitio definitivo de plantación, se colocan en cajas o se almacenan en estibas (**A**), a fin de protegerlas durante el transporte. Muchos viveros procesan sus plantas en una línea de empaque donde las plantas son extraídas del contenedor, clasificadas, atadas, y empacadas en cajas para almacenamiento o embarque (**B**).

Sin embargo, no todas las cavidades del contenedor contienen una planta utilizable, y el proceso de eliminación de plantas que son demasiado pequeñas o que tienen otros defectos obvios, es llamado **clasificación o eliminación**. La principal ventaja de la eliminación es que el volumen y el peso de almacenamiento y embarque son menores, y el plantado es más eficiente. Los viveros que pueden producir un alto porcentaje de plantas aceptables pueden evitar el costo extra de la clasificación. La mayoría de los usuarios esperan que sólo plantas aceptables sean embarcadas; así, los viveros juntan la línea de clasificación y la línea de empaque, con el fin de procesar plantas para almacenamiento y embarque.



A



B

1.4.6.1. Líneas de clasificación y empaque

El proceso de extraer la planta del contenedor, su clasificación y empaque –comúnmente denominado extracción y envoltura – ha llegado a ser común en años recientes. Este es un proceso que implica mucho trabajo, y algunos viveros combinan la secuencia de las tareas en las líneas de clasificación y empaque, las cuales son conectadas mediante bandas transportadoras (fig. 1.4.31B). Esto puede ser muy simple de organizar, con todas las etapas realizadas a mano, desde la extracción de la planta y su clasificación, hasta la envoltura y acomodo dentro de las cajas de almacenamiento. Los viveros grandes utilizan una variedad de equipos que hacen al proceso más rápido y más eficiente.

En adición a la reducción en los costos del trabajo, la mecanización de la clasificación y empaque ha

llegado a ser necesaria, dada la alta incidencia de lesiones a los trabajadores. Muchas especies forestales tienen raíces muy agresivas y desarrollan un fuerte cepellón al final del ciclo del cultivo. Las raíces de algunas especies se introducen en los intersticios de las paredes de la cavidad, especialmente en contenedores de poliestireno expandido. Esto puede dificultar la remoción de la planta del contenedor, y los trabajadores en la línea de empaque a menudo presentan tendinitis y otras lesiones crónicas en muñeca y antebrazo. Para lograr que la planta salga fácilmente, muchos viveros han desarrollado equipos a su medida. El sacudidor mecánico utiliza un movimiento de sacudida que afloja el cepellón del contenedor (fig. 1.4.32A), como el primer paso en la línea de empaque. Esto es seguido por los extractores de plantas, los que físicamente empujan a un tiempo una hilera de plantas del contenedor, y las depositan sobre la banda de clasificación (fig. 1.4.32B).



A



C



B



D

Figura 1.4.32. Se están desarrollando equipos nuevos para hacer más fácil la extracción de la planta del contenedor. El golpeo mecánico (A) afloja la planta con una sacudida y entonces puede ser empujada del contenedor a la banda de clasificación con un extractor (B). Las plantas ya clasificadas y en atados se depositan en una bolsa de plástico (C) o se juntan los cepellones en una envoltura plástica (D). (En México se utiliza plástico adherente para envolver manojos de hasta 25 cepellones (nota del traductor)).

Una vez que los trabajadores han extraído las plantas del contenedor, las inspeccionan visualmente y las colocan sobre la banda clasificadora en manojos de 5 a 25 plantas. El próximo paso es embolsar o envolver los manojos de plantas y colocarlas dentro de las cajas de almacenamiento. Las máquinas para el embolsado (fig. 1.4.32C) mantienen un abasto de bolsas de plástico que automáticamente son infladas por una corriente de aire, haciendo que las plantas entren con facilidad. Las bolsas son de profundidad suficiente para encerrar el cepellón y retardar la desecación; al guardar los brotes sin cubrir se reduce la posibilidad de aparición del moho en el almacén. Otros viveros utilizan una película plástica para envolver los cepellones de las plantas en atados antes de meterlas en cajas (fig. 1.4.32D). El paso final en el proceso de clasificación y empaque involucra el sellado de las cajas, marcándolas con la siguiente información: especie, lote de semilla, número de plantas, y otros datos importantes. Entonces son transportadas al almacén hasta que puedan ser embarcadas (fig. 1.4.11).

1.4.6.2. Almacenamiento

Después que las plantas han sido transportadas al área de almacenamiento, no hay la necesidad de cualquier otro equipo hasta que son embarcadas para su plantación en el sitio definitivo. En el almacén, las plantas deberán colocarse sobre el suelo protegiendo las raíces, las cuales son mucho más susceptibles al congelamiento en comparación con la parte foliar. Deberán agruparse lo más posible para minimizar el espacio, y aislar las raíces con aserrín u otro material (fig. 1.4.33A). Las plantas almacenadas en refrigeración, pueden guardarse en estibas o sujetarlas en plataformas que soporten el peso y eviten la compactación (fig. 1.4.33B). Las cajas para almacenamiento deberán forrarse con una bolsa plástica delgada para retardar la pérdida de humedad, y que permita el intercambio de oxígeno. Propiamente, las plantas empacadas no requieren control de humedad en el almacén. (Los aspectos sobre almacenes para protección y con refrigeración, se discuten en la sección 1.3.5.4, y serán cubiertos en detalle en el volumen siete de esta serie.)



A



B

Figura 1.4.33. Las plantas que permanecen durante el invierno en el contenedor, pueden ser protegidas contra temperaturas de congelamiento y vientos secos (A). Las plantas en cajas deben colocarse en estibas durante el almacenamiento y embarque para prevenir daños (B).

1.4.7 Resumen

Dos categorías generales de equipos se utilizan en viveros forestales que producen en contenedor. Una amplia variedad de equipos se utilizan para modificar el ambiente de propagación y optimizar los seis factores restrictivos del crecimiento de la planta: temperatura, humedad, luz, dióxido de carbono, agua y nutrientes minerales. El grado de modificación depende del tipo de estructura y equipo de control del ambiente con que se cuenta. Las plantas cultivadas a la intemperie pueden ser abastecidas con riego y fertilización, y la luz y la temperatura pueden ser controladas en un menor grado. Los viveros que usan contenedores y que desarrollan sus plantas en algún tipo de estructura de propagación, tienen la capacidad de controlar todos los factores limitantes. Estos factores pueden controlarse individualmente o, en ambientes completamente controlados, los sofisticados controles (incluyendo sistemas computarizados) balancean todos los factores para producir condiciones que son ideales para la propagación de las plantas. Las especies forestales son un cultivo valioso, así que los viveros usan sistemas de seguridad para detectar fallas en la fuente de electricidad, problemas mecánicos con el equipo del control del ambiente, fuego o robo.

La segunda categoría del equipo que usan los viveros que producen en contenedor, incluye materiales y equipo que se necesita para producir una cosecha de plantas. El cultivo de especies forestales consiste de una secuencia de procesos que empieza cuando la semilla o los propágulos son entregados al vivero y termina cuando las plantas son embarcadas para su plantación al sitio definitivo. Los cultivos en contenedor pueden hacerse directamente sobre el piso, sobre plataformas, estibas, o mesas, y la elección es crítica tanto para los aspectos biológicos como de operación. Biológicamente, las plantas leñosas deben estar soportadas para que la poda de raíces por contacto con el aire se dé y, operativamente, los contenedores deben estar colocados de tal manera que se haga más eficiente su uso en el área de propagación y puedan ser fácilmente manejados y movidos. El sistema de soporte de contenedores debe ser compatible con el sistema de manejo en aquellos viveros que utilizan montacargas y bandas transportadoras, para mover las plantas y los insumos.

Para ser más efectivo y costo eficiente, el equipo para la producción de plantas debe seleccionarse de tal manera que pueda adaptarse a varias secuencias. Todos los diferentes pasos en el proceso pueden ser hechos manualmente, y la

necesidad del equipo depende del tamaño y la complejidad del vivero, así como de la tecnología disponible, financiamiento y mano de obra. Con algunos cultivos el equipamiento no es justificado, pero para otros, sería altamente aconsejable. En la evaluación de la necesidad de equipamiento, los viveristas deben recordar la frecuencia y la rapidez con que ocurre la operación. Si los procesos ocurren frecuentemente o deben hacerse en poco tiempo, puede costear la mecanización. La seguridad del trabajador también se considera porque muchas operaciones pueden conducir a la fatiga y ocasionar lesiones, así que los procesos deben mecanizarse si es posible.

1.4.8 Literatura Citada

- Aldrich, R.A.; Bartok, J.W., Jr. 1989. Greenhouse engineering. Bull. NRAES-33. Ithaca, NY: Cornell University, Northeast Regional Agricultural Engineering Service. 203 p.
- Acme. 1988. The greenhouse climate control handbook: Engineering principles and design procedures. Muskogee, OK: Acme Engineering and Manufacturing Company. 23 p.
- Argus Control Systems. 1990. Argus Control System brochure, Sept. 19, 1990. White Rock, BC. 9 p.
- ASHRAE. 1989. ASHRAE Handbook: fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers, Inc. 792 p.
- Ball, G.J. 1991. Ball Redbook, 15th ed. West Chicago, IL: George Ball Publishing. 802 p.
- Bartok, J.W., Jr. 1994. Don't overlook benefits of HAF. *Greenhouse Manager* 12(11):90-92.
- Bartok, J.W., Jr. 1993a. How to select the right fan and install it properly. *Greenhouse Grower* 11(4): 20-21, 23.
- Bartok, J.W., Jr. 1993b. Computers may help you determine your ideal greenhouse environment. *Greenhouse Manager* 12(4):139.
- Bartok, J.W., Jr. 1992. Economics of low-volume sprayers threaten future of hydraulic systems. *Greenhouse Manager* 10(10): 91.
- Bartok, J.W., Jr. 1991a. Inexpensive and easy to maintain, there's a plastic pipe for every task. *Greenhouse Manager* 9(9): 145-146.
- Bartok, J.W., Jr. 1991b. Cut costs with conveyors. *Greenhouse Grower* 9(13): 26, 28-29.
- Bartok, J.W., Jr. 1987. Alarm system provides inexpensive insurance. *Greenhouse Manager* 6(8): 91-93.
- Bartok, J.W., Jr. 1986. Materials handling basics for greenhouse nursery operations. Publ. GMM-94. Storrs, CT: University of Connecticut, Cooperative Extension Service. 3 p.
- Bickford, E.D.; Dunn, S. 1972. Lighting for plant growth. Kent, OH: Kent State University Press. 221 p.
- Bohmont, B.L. 1983. The new pesticide user's guide. Reston, VA: Reston Publishing Co. 452 p.
- Charlton, A. 1992. Generators can meet your power and budget needs. *The Digger* 36(10): 18.
- Chris Industries Corp. 1992. Personal communication. St. Petersburg, FL.
- Conway, B. 1987. Growing a greenhouse. *Silviculture* 2(2): 18-19.
- 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: 27-33.
- Elston, R. 1991. A look at seeders. *Greenhouse Manager* 10(6): 115-117.
- Gleason, G.S. 1986. Continuous mixing systems for growing media. Pap. 86-1096. In: Proceedings Summer Meeting of American Society of Agricultural Engineers. 1986 June 29-July 2; San Luis Obispo, CA. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers. 11 p.
- Greenhouse Manager. 1994a. First step: electronic thermostats. *Greenhouse manager* 12(11): 64-67.
- Greenhouse Manager. 1994b. A look at: environmental computers. *Greenhouse Manager* 12(11): 69-71.
- Greenhouse Manager. 1993a. A look at: boom irrigation. *Greenhouse manager* 11(10): 80-81.
- Greenhouse Manager. 1993b. A look at: metal benches and bench tops. *Greenhouse manager*. 12(6): 58-60.
- Hicklenton, P.R. 1988. CO₂ enrichment in the greenhouse: principles and practice. Portland, OR: Timber Press. 58 p.
- Hodgson, T.J. 1993. Personal communication. Edmonton, AB: Beaver Plastics, Ltd.
- Hummert, P. 1993. Personal communication. St. Louis, MO: Hummert International.

Labbate, E. 1994. Personal communication. Leamington, ON: Climate Control Systems.

Langhans, R. W. 1980. Greenhouse management. Ithaca, NY: Halcyon Press. 270 p.

Lindquist, R.K.; Powell, C.C. 1991. Pesticide application alternatives. *Greenhouse Manager* 9(12): 62,64.

Mackenzie, A.J.G. 1993. Personal communication. White Rock, BC: Argus Control Systems, Ltd.

McConkey, J.M. 1993. Personal communication. Sumner, WA: J.M. McConkey, Co.

Melby, P. 1988. Simplified irrigation design. Mesa, AZ: PDA Publishers. 190 p.

Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management, 4th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 612 p.

Onofrey, D. 1993. Today's transplinters. *Greenhouse Grower* 11(11): 70-74.

Pair, C.H.; Hinz, W.H.; Frost, K.R.; Sneed, R.E.; Schiltz, T.J. 1983. Irrigation. Arlington, VA: The Irrigation Association. 686 p.

Peterson, M. 1991. Guidelines for the sanitation of nursery seedling containers. Supplement to FRDA 140. Victoria, BC: Ministry of Forests, Silviculture Branch. 16 p.

Reid, J.I. 1994. Personal communication. Thunder Bay, ON: InnoTec, Inc.

Roberts, W.J.; Giacomelli, G. 1992. Designs on ventilation. *Greenhouse Grower* 10(4): 20,22,24,25.

Roskins, L. 1993. A look at: flat fillers, potting units. *Greenhouse Manager* 12(8): 91-94.

Speedling, Inc. 1993. Personal communication. Sun City, FL: Speedling, Inc.

Sorving, K. 1993. Trading wood for plastic. *American Nurseryman* 177(11): 58-63.

Whitesides, R. 1993. Ways to make watering systems more precise. *Greenhouse Manager* 11(10): 42-44.

Whitesides, R. 1991. Computers are a cost-effective way to maintain your competitive edge. *Greenhouse Manager* 10(2): 56-58, 60, 62, 64.



Manual de Viveros para la Producción de Especies Forestales en Contenedor

Volumen Uno

Planeación, Establecimiento y Manejo del Vivero

Capítulo 5

Manejo del Vivero

Contenido

	Página
1.5.1 Introducción	157
1.5.2 Organización	158
1.5.3 Personal y Supervisión	159
1.5.3.1 Perfil del administrador de un vivero que produce en contenedor.	159
1.5.3.2 Actitudes profesionales	159
Competencia técnica	159
Claridad en los objetivos de manejo	159
Relación con el cultivo	159
Compromiso en el vivero	160
Limpieza	160
1.5.3.3 Supervisión	161
1.5.3.4 Programas de seguridad	161
1.5.3.5 Plan operativo	162
1.5.4 Toma de Datos y Análisis	163
1.5.4.1 Registros financieros y de producción	163
1.5.4.2 Registros del cultivo	164
Programa de producción	164
Condiciones ambientales	165
Desarrollo del cultivo	166
1.5.5 Resolviendo Problemas del Vivero	171
1.5.5.1 Principios del manejo de emergencias	172
Estar preparado	172
Utilizar todos los sentidos en todo momento	172
Estar alertas en el surgimiento de problemas	173
1.5.5.2 Temperaturas críticas	174
Frío inusual	174
Calor excesivo	176
1.5.5.3 Fuego	178
1.5.5.4 Crisis por agua	178
Inundación	178
Escasez de agua	178
1.5.5.5 Problemas culturales	178
Germinación errática o retardada	179
Tasas de crecimiento menores a lo programado	180
Dormancia prematura	180
Síntomas foliares	181
Patrones anormales de crecimiento	183
Problemas de plagas	186
1.5.6 Relación con los Clientes	189
1.5.7 Resumen	190
1.5.8 Referencias	191
1.5.8.1 Referencias generales sobre administración de viveros	191
1.5.8.2 Literatura específica citada	191

1.5.1 Introducción

La fase final en el desarrollo de un vivero inicia cuando la construcción es terminada por completo y **¡es el momento para planear el primer cultivo!** El reto para el manejo de un vivero de contenedores puede ser intimidatorio para un nuevo administrador, por lo que el propósito en este capítulo es bosquejar varios aspectos para el viverista. Aunque los estilos personales de manejo difieren con el tipo de personalidad y los objetivos específicos, hay varios aspectos clave para un vivero exitoso: una organización sólida, personal profesional, un sistema de toma de datos y análisis, y un sistema establecido para resolver problemas. Ninguno de estos aspectos son únicos para viveros que producen en contenedor, y una buena información general sobre manejo de viveros puede encontrarse en la lista de referencias sobre horticultura general en la sección 1.5.8.1.

1.5.2 Organización

Para que sea exitoso, el manejo de un vivero debe tener una estructura de organización que asegure que las responsabilidades sean asignadas y las actividades se realicen. Las responsabilidades para un vivero que produce planta en contenedor pueden dividirse en cuatro categorías generales (Nelson,1991):

1. **Producción.** El funcionamiento diario de las operaciones del cultivo.
2. **Ingeniería.** El mantenimiento de las instalaciones y de los equipos especiales.
3. **Mercadotecnia.** Solicitud de órdenes, entrega de la cosecha, y el abastecimiento de cualquier tipo de servicios y requerimientos del cliente.
4. **Relaciones públicas.** Control del directorio de proveedores y cotizaciones, facturas, compras y pago de nóminas.

En viveros pequeños, el administrador también puede ser el dueño y puede hacer todas, o casi todas esas funciones. Conforme el vivero crece en tamaño, el administrador puede delegar responsabilidades de diferentes áreas a personal asistente, lo cual es el principio de una organización jerárquica. A menudo, el primer empleado profesional que un vivero de nueva creación contrata, es un productor. Esta persona actúa como director de producción, dejando otras obligaciones relacionadas con los proveedores al viverista. Los productores usualmente supervisan las labores generales, pero la supervisión en viveros grandes es delegada a jefes de cuadrilla.

Independientemente de la estructura organizativa, cualquier vivero exitoso debe tener una característica: **unidad de mando**. Los administradores de viveros deben establecer una asignación clara de responsabilidades, junto con la autoridad para llevarlas a cabo. El cultivo de plantas en contenedor no es un procedimiento sencillo. Consecuentemente y dado que los administradores de viveros están más compenetrados con las operaciones diarias y a la larga ellos serán responsables, sólo ellos deberán dirigir las actividades en el vivero, haciendo los cambios en los programas de producción y regulando la calibración del equipo de control ambiental. En los viveros donde no ha habido una clara asignación de responsabilidades, se desarrollan problemas eventualmente.

1.5.3 Personal y Supervisión

1.5.3.1 Perfil del administrador de un vivero que produce en contenedor

Una de las decisiones más difíciles para quien establece un vivero es la contratación de un administrador. El propósito de esta sección es analizar brevemente lo que hay que buscar en un administrador de vivero y qué es lo que lo hace único. El administrador puede describirse como el organizador, el planeador, gente capaz con amplia capacidad de trabajo, de toma de decisiones, con diplomacia, capacidad de resolver problemas, con la creencia firme de que todas las actividades deben ser para el mejoramiento del negocio, gente de buen juicio, y quien está capacitado, es honesto y confiable, que ve un reto para el cumplimiento del trabajo (Nelson, 1991).

Es raro encontrar genuinamente todas estas cualidades en una persona, pero la definición ilustra la naturaleza multifacética de un trabajo de administrador. Los administradores deben ser honestos y capaces de pensar y razonar rápida y claramente. Los problemas surgirán y requerirán soluciones a las que deberá llegarse a través de un cuidadoso análisis y deducción. Los administradores de viveros que producen en contenedor deben saber acerca de las estructuras para propagación, morfología y fisiología de la planta, la economía y la administración de un negocio privado o de una organización gubernamental. Deben tener suficiente inteligencia y seguridad en sí mismos para manejar los procedimientos administrativos del negocio, manejo del personal, manejo de las instalaciones físicas, rotación y programación de los cultivos, cultivo de plantas, mercadotecnia y entregas. Si el vivero es parte de una gran organización, el grupo de apoyo y otros administradores pueden compartir estas cargas y ayudar con estos trabajos. Sin embargo, el administrador deberá observar que todas las actividades de manejo estén coordinadas.

1.5.3.2 Actitudes profesionales

Dirigir un vivero de contenedor es más que sólo desarrollar un cultivo. Los administradores de viveros exitosos deben poseer ciertas actitudes clave profesionales, que guiarán su trabajo diario y proveerán un ejemplo para sus empleados.

Competencia técnica. Tradicionalmente, el administrador de un vivero forestal llega a tener un grado en la profesión forestal. Hay buenas razones para esto, por lo menos los forestales con experiencia en campo conocen la dificultad de

plantar árboles y lo importante que es de que cada planta sea de calidad. Sin embargo, los forestales deben aprender a cultivar especies forestales en contenedor por observación, a prueba y error, y estudiar las publicaciones técnicas. Mientras que este proceso de formación del administrador tiene algunas desventajas, el proceso ha desarrollado una esencia consistente para el viverista profesional. En años recientes, un mayor número de posiciones de viveristas que producen en contenedor y cultivadores, están siendo ocupadas por horticultores.

Un buen administrador de viveros no necesariamente debe ser forestal, horticultor o botánico. Prescindiendo de su experiencia o formación, el factor clave es que entienda la operación diaria de un vivero con contenedores, y sea capaz de cultivar plantas forestales. Administradores y productores deben tener el conocimiento- por entrenamiento formal o por experiencia- para entender cómo reaccionan las plantas a los tratamientos de cultivo.

Claridad en los objetivos de manejo. A los administradores se les debe dejar producir plantas. Es muy común, especialmente en los grandes viveros del gobierno, que sean sepultados por detalles administrativos porque son los administradores más antiguos en el lugar. Esto es un gasto de recursos y una mala administración. Un grupo de apoyo adecuadamente soportado debe permitir que el administrador haga en realidad el trabajo para el cual fue contratado.

La misión de un vivero debe guardarse como principio en la mente del administrador y de su grupo de apoyo, y esto es útil para señalar la misión en términos de un objetivo concreto. Por ejemplo, un objetivo podría ser “producir plantas de alta calidad a un costo razonable”. Comúnmente, los detalles en el desarrollo del vivero, los problemas del personal, el trabajo de mantenimiento o las preocupaciones con otras actividades relacionadas pueden, sin proponérselo, eliminar la principal razón del vivero. Esto a menudo es atribuido directamente a las demandas y prioridades de una alta gerencia o de los dueños, quienes a menudo no proporcionan técnicos adecuados y el soporte financiero para evitar comprometer el objetivo principal del vivero.

Relación con el cultivo. El administrador y su grupo de apoyo deben aprender a “pensar como una planta” (fig. 1.5.1). Se debe revisar como actividad prioritaria del vivero, los puntos de vista

de los requerimientos biológicos del cultivo. La meta en el vivero usualmente es producir plantas de calidad sobre una base económica. Cada miembro del equipo debe tener al menos un conocimiento elemental del efecto que sus actividades tendrán sobre el buen desarrollo biológico de las plantas. En años recientes, la Asociación Americana de Viveristas (The American Association of Nurserysmen) ha estado enfatizando el entrenamiento hortícola básico para trabajadores de viveros. Este entrenamiento no solamente proporciona un mayor sentido al trabajo que se hace, más bien permite apreciar el efecto de la actividad en la planta que se está cultivando.



Figura 1.5.1. Un administrador de vivero exitoso debe ser capaz de “pensar como una planta”, habilidad que resulta de su propio entrenamiento por su experiencia práctica.

Tal formación podrá prevenir errores desastrosos con el grupo de trabajadores quienes, por ejemplo, pudieran no entender las implicaciones para la cosecha de reducir la temperatura en la estructura de propagación, porque “está demasiado caliente para trabajar confortablemente”. En el análisis final, los administradores son los primeros entrenadores de la cuadrilla. Su conocimiento y actitud hacia el cultivo determinarán a la larga el cómo la cuadrilla aprende adecuadamente a “pensar como una planta”.

Compromiso con el vivero.- Un vivero de contenedores no puede ser administrado “por la comisión”. En lugar de ello, una persona siempre tiene que responsabilizarse por el cultivo en algún momento en particular. Por ejemplo, si el sistema de control del fotoperiodo falla por una noche, las plantas pueden pasar un tiempo con dormancia de yema y no iniciar el crecimiento del brote hasta el siguiente año. De igual manera, si las plantas son forzadas a crecer de nuevo, esta negligencia significa que la cosecha se retrasará seriamente y el contrato de la cosecha puede perderse. Los problemas siempre se desarrollan cuando no hay una persona quien conscientemente vea todo el tiempo por la cosecha, y por el funcionamiento del vivero.

El cultivo de plantas en contenedor involucra un control preciso del ambiente de propagación, de tal manera que sea óptimo para el crecimiento. Esta es una gran ventaja, pero al mismo tiempo, los administradores tienen más responsabilidades para el buen desarrollo de la cosecha que aquellos de viveros a raíz desnuda. La naturaleza proporciona amortiguadores contra daños a las plantas en el ambiente de viveros a raíz desnuda, incluyendo un gran volumen de suelo que provee agua y nutrientes, y un acondicionamiento natural durante la parte final del verano, de modo que las plantas están preparadas para el invierno. Un invernadero totalmente controlado tiene pocos de estos amortiguadores naturales, así que hay escaso margen para el error. El precio de un rápido crecimiento de la planta en viveros que usan contenedores es conocimiento y constante vigilancia.

Limpieza. El seguro más económico contra enfermedades, insectos, problemas mecánicos o fisiológicos de la planta que se produce en contenedor, es mantener todo limpio y en buen estado. La limpieza no es sólo una recomendación para el saneamiento, sino que también es indicio de un negocio bien manejado. Es más fácil vender plantas a compradores potenciales u obtener apoyos potenciales dentro de la organización, si el vivero está limpio, ordenado y bien arreglado. Los visitantes valorarán lo limpio, la pulcritud del vivero, con la eficiencia y el buen manejo; y en verdad, usualmente esto es correcto.

El énfasis sobre la limpieza, la pulcritud y el mantenimiento también afecta a los trabajadores del vivero. Al enfatizar lo mencionado y proporcionar un buen ejemplo, los administradores están diciendo “a nosotros nos importa este lugar; se refleja en ti y en nosotros también; va a ser algo de lo que todos podamos sentirnos orgullosos”.

Bajo estas condiciones, los trabajadores, especialmente los empleados de mayor antigüedad, responderán con orgullo adicional en su trabajo y sentirán que pertenecen y tienen un lugar en el vivero.

1.5.3.3 Supervisión

Tanto Nelson (1991) como Hanan *et al.* (1978), proporcionan en sus textos secciones excelentes sobre supervisión, y hay abundancia de otros materiales sobre este tema. Sin embargo, unos pocos comentarios en particular para los administradores de viveros son apropiados aquí. Primero, las características de un vivero de contenedores exitoso proceden directamente del ejemplo del administrador o, como Nelson (1991) apunta: “el manejo de la mano de obra inicia con el manejo de uno mismo”. También, el supervisor sabio se asegura que los trabajadores entiendan varias cosas:

- 1.Cuál es la estructura administrativa de la organización y quién es su jefe inmediato.
2. Cuáles son las metas del vivero y/o el origen de la organización.
3. Cuáles son sus responsabilidades directas y cómo se relacionan con el resto de la fuerza de trabajo.
4. Cómo se evaluará su desempeño y cuál será su gratificación monetaria y profesional.

La supervisión exitosa también está correlacionada con el ambiente de trabajo, expectativas y oportunidades para los empleados. Como se mencionó anteriormente, un ambiente de trabajo limpio y ordenado, combinado con altos estándares de productividad, no sólo provee a los empleados de un mejor lugar para trabajar, sino que también genera orgullo en su trabajo. Las grandes expectativas para los empleados, en términos de cantidad o calidad de trabajo, generalmente incrementarán las expectativas personales de cada uno de los trabajadores y producirán una mayor autoestima. Las oportunidades de promoción y educación (en o fuera del trabajo) con frecuencia han probado ser tan o más importantes que el sueldo, para motivar a los empleados.

1.5.3.4 Programas de seguridad

Los invernaderos y otras estructuras para la propagación, tienen un número de riesgos inherentes de seguridad que pueden ser minimizados mediante un diseño y una construcción convenientes, y por los hábitos de seguridad del trabajador (Goldsberry, 1979).

Probablemente el mayor riesgo creado por la humedad es el peligro de una descarga eléctrica. Todo el cableado eléctrico deberá estar en un conducto impermeable. Todas las salidas deberán estar haciendo tierra y equipadas con interruptores. Las herramientas que no hagan tierra y cualquier tipo de aparatos nunca deberán ser usados en estructuras para cultivar en contenedor, a menos que tengan aislamiento doble. La energía eléctrica debe cortarse antes de que el equipo eléctrico sea reparado o ajustado.

Las estructuras de propagación conllevan muchos otros riesgos. El equipo, como los ventiladores y las bandas transportadoras, puede encender automáticamente sin aviso. Por ello, las aspas y otras partes móviles deberán protegerse para evitar que alguien ponga los dedos allí. Algunas estructuras tienen montado un piso con calefacción, el cual deberá tener los tubos de escape protegidos de tal manera que no puedan ser tocados por accidente. Las áreas de almacenamiento de plaguicidas deben ser apropiadamente diseñadas, y a todos los empleados (no sólo los responsables de las aplicaciones) se les debe dar entrenamiento regular sobre el uso de plaguicidas en áreas cerradas. (El almacenamiento de plaguicidas y la seguridad se discuten a detalle en la sección 5.1.8, en el volumen cinco de esta serie).

Muchos potenciales problemas de seguridad pueden evitarse con el mantenimiento de una pulcra y limpia área de trabajo. Las herramientas y otros equipos nunca deben dejarse tirados, y las mangueras o cuerdas deben estar enrolladas y ubicadas fuera de las áreas de tránsito. Las áreas de propagación comúnmente están húmedas, lo que hace al piso resbaloso, especialmente si se ha permitido el desarrollo de algas. Los pisos deben ser contruidos para drenar adecuadamente, y deben limpiarse tanto como se necesite para prevenir condiciones resbalosas.

Las reuniones sobre seguridad deben hacerse al principio de cada período de mayor trabajo, como la siembra, clasificación o empaclado. Estas reuniones son una oportunidad excelente para informar a los nuevos empleados, y para recordarles a los trabajadores de reingreso, de los posibles riesgos y mostrarles la mejor manera de hacer las tareas con seguridad. Algunas actividades son particularmente peligrosas, tales como la extracción de las plantas de su contenedor durante el empaclado, que a menudo causa tendinitis y síndrome de la estrechez en el hueso carpiano (Wallersteiner, 1988). Sin embargo, como muchas lesiones de trabajo, éstas pueden reducirse mediante un entrenamiento adecuado, y poniendo atención durante las actividades (fig. 1.5.2).



Figura 1.5.2. Una de las obligaciones de un administrador es promover una ética de la seguridad mediante ejemplo personal, entrenamiento y recordatorios frecuentes.

1.5.3.5 Plan operativo

El plan operativo es la propuesta de trabajo que pone juntos todos los requerimientos no estructurales para la producción de un vivero (mano de obra, suministros, equipo, etc.) en momentos clave del proceso de producción. La planeación operativa es lo que permite producir plantas en un proceso fácil y eficiente; es una parte importante, pero comúnmente descuidada en el manejo de un vivero forestal que produce en contenedor. Los administradores a menudo tienden a concentrarse en los detalles diarios del cultivo, pero olvidan planear para futuras necesidades. La planeación operativa es especialmente importante en los viveros debido a la naturaleza estacional del trabajo, y a los requerimientos para las labores y los recursos en periodos específicos, limitados en tiempo, tales como las temporadas de siembra y empaquetado.

Para los propósitos de la planeación, un vivero forestal puede ser visualizado como un sistema que consiste de una serie secuenciada de procesos (llenado y siembra de contenedores), operaciones (colocado de un número especificado de semillas

por contenedor), y de requerimientos (estructuras para propagación, equipos de siembra, mano de obra y suministros) para completar cada proceso. Los buenos administradores aseguran que todos los procesos estén programados en una secuencia apropiada, y que todos los requerimientos para una operación específica estén disponibles en el tiempo y en el lugar adecuados. (Los requerimientos para un sistema de vivero con contenedores serán discutidos con más detalle en la sección 1.1.4.1, y la estructura organizativa se diagrama en la tabla 1.1.5.).

1.5.4 Toma de Datos y Análisis

Un tercer aspecto importante en el manejo y administración del vivero es la toma de datos y el análisis de la información. Las clases de registros y los métodos para el levantamiento y almacenamiento de la información variarán considerablemente con el tipo, tamaño y complejidad del vivero. El propósito de esta sección no es especificar algún método de registro en particular, más bien introduce los términos y conceptos necesarios para iniciar el manejo de un vivero, y marcar en los nuevos administradores la importancia de mantener adecuadamente un registro correcto desde el inicio. Los tipos de registros llevados en un vivero de contenedores caen en dos categorías generales: registros financieros y de producción, así como registros del cultivo.

1.5.4.1 Registros financieros y de producción

Los registros financieros son llevados para la contabilidad de los gastos, el control del presupuesto y para abastecer los registros necesarios a efecto de mejorar procedimientos que conduzcan el negocio en el futuro. Los registros financieros también se tienen para satisfacer requerimientos gubernamentales (incluyendo lo correspondiente a impuestos) y así ayudar en la obtención de créditos.

Un sistema de registro financiero debe ser diseñado para documentar tres clases generales de información: (1) datos de gasto, (2) datos de producción, y (3) datos de costo unitario. Los datos pueden registrarse para una operación individual en el vivero (tal como la “siembra”), pero también puede usarse para analizar otras variables de producción tales como las especies, tamaño del contenedor, e incluso el cliente. La información sobre los costos de producción debe estar organizada para reflejar los costos centrales incluyendo insumos, utilidades, servicios y mano de obra. El análisis de esta información puede mostrar al administrador en donde los costos son excesivos y ayuda a tomar decisiones de manejo, tal como el si una cosecha de invierno puede ser justificada financieramente (tabla 1.5.1). Debido a que la mano de obra es un gran componente de los costos de producción, el administrador debe recabar el número de horas que se invirtió a lo largo de cada tarea con el número de plantas procesadas. Esta información puede entonces ser analizada y presentada en tablas (tabla 1.5.2) que pueden ser de gran valor para tomar decisiones sólidas de negocios, tal como la inversión en un nuevo equipo para el ahorro de mano de obra.

Los registros financieros deberán incluir también datos detallados de producción respecto a información operativa, tal como “las horas invertidas en mano de obra para el llenado de contenedores” o “las bolsas de fertilizante compradas” o “el número de árboles de una cierta especie forestal embarcada”. Tal información de producción, combinada con la parte de costos de los registros financieros, es la base para tomar muchas decisiones de manejo, especialmente respecto a la compra de materiales, el presupuesto del próximo año, u otras actividades operativas, culturales o de mantenimiento. Finalmente, los datos financieros son usados para calcular los costos unitarios de salida (dólares por miles de plantas). Esta última información es esencial para fijar los precios exactos y estimar los costos de la futura producción, cuando se ofrecen contratos de producción de planta.

La sofisticación de los registros financieros variará con el tamaño y la complejidad del vivero. Un vivero pequeño puede encontrar que es completamente adecuado mantener sus registros redactados en un cuaderno de bitácora, mientras que esto sería difícil para un vivero grande. Los modernos sistemas de registro basados en equipos de cómputo, proporcionan un manejo de información mucho más fácil, especialmente la clasificación de los datos en diferentes categorías y su despliegue para análisis. Muchos establecimientos y consultores de cómputo y paquetes de programas, están disponibles para ayudar al administrador inexperto. Por ejemplo, un programa de cómputo llamado “Contabilidad de Costos del Invernadero” (Greenhouse Cost Accounting), permite al administrador ejecutar detalladamente la contabilidad y el cálculo de la ganancia para cultivos en contenedor (Brumfield, 1992). Este programa es particularmente útil porque permite que el usuario asigne costos variables a cualquier número de cultivos individuales sobre una base de área, tarea que sería extremadamente tediosa sin la ayuda de una computadora.

Los requerimientos cambian de acuerdo al tamaño y la sofisticación del vivero, por lo que, en varios puntos durante el desarrollo de las instalaciones del vivero, el administrador deberá verificar si el sistema de registro financiero todavía es adecuado para satisfacer las necesidades del vivero.

1.5.4.2 Registros del cultivo

Los registros del cultivo son llevados para sustentar un plan que permita repetir cosechas exitosas, y presentar una contabilidad que pueda ser usada en (a) determinación de causas de errores en el cultivo, (b) decisiones de acciones a tomar sobre el cultivo, y (c) elaboración de planes que eviten problemas con cosechas futuras (Nelson, 1991). Lo

siguiente es un bosquejo general de los tipos de registros de cultivo que deben hacerse (una discusión más detallada será proporcionada en el volumen seis de esta serie).

Los registros de cultivo caen en tres categorías: programas de producción, condiciones ambientales en el área de propagación, y registros del desarrollo de la cosecha.

Tabla 1.5.1. Costos de producción para tres diferentes cosechas de abeto (*Picea* sp.) producidas en contenedor en New Brunswick, Canadá

Costo	Cosecha de invierno (USD \$/1,000 plantas)	Primera cosecha de verano (USD \$/1,000 plantas)	Segunda cosecha de verano (USD \$/1,000 plantas)	Porcentaje promedio del costo total
Insumos para propagación				
Contenedores	23.42	23.42	23.42	17.7
Sustrato	1.66	1.66	1.66	1.2
Malla sombra	0.38	0.38	0.38	0.3
Semilla	1.36	1.36	1.36	1.0
Cubierta para semillas	0.70	0.70	0.70	0.5
Fertilizante	0.60	0.77	0.63	0.5
Plaguicidas	0.43	0.43	0.43	0.3
Otros insumos	17.96	17.96	17.96	13.5
Insumos de energía				
Combustible para calefacción	21.58	2.10	5.56	6.9
Electricidad	2.84	0.82	1.66	1.3
Servicios y arrendamientos	7.82	7.82	7.82	5.9
Mano de obra				
Tiempo completo	28.38	28.38	28.38	21.4
Tiempo parcial	37.79	37.79	37.79	28.5
Gastos misceláneos	1.23	1.23	1.23	1.0
Costo total por 1,000 plantas	146.15	124.82	128.98	100.0
Costo total por cosecha	580,946.00	496,175.00	512,683.00	100.0

Basado en un nivel de producción total de aproximadamente 4.7 millones de plantas de abeto negro, black spruce (*Picea mariana*) por cosecha, y con una eficiencia de plantas embarcables del 85%.

Fuente: modificado de Clements y Dominy (1990).

Programa de producción. Estos planes escritos para la calendarización de la cosecha, son esenciales para la administración exitosa de un vivero, y se desarrollan previos a la siembra con base en la mejor información y experiencias disponibles. Los programas de producción vienen en diferentes grados de sofisticación y refinamiento. Pueden ser sólo esbozos generales de fechas para los procesos clave del cultivo, tales como la siembra, el raleo y la cosecha, o pueden proporcionar detalles considerables de cada paso del proceso, junto con un registro del cumplimiento real (Tinus y McDonald, 1979). Los mejores programas de producción incluyen una variedad de consideraciones operativas relacionadas con el tiempo de la cosecha, el cultivo y el espacio de crecimiento a utilizar. Se debe considerar:

1. Especificaciones objetivo para la cosecha y el tiempo de entrega.
2. Asignación adecuada de tiempo para la estratificación de la semilla, si es requerida,

antes de la siembra, y para un período adecuado de endurecimiento antes del embarque.

3. Colocación de especies o tipos de contenedores con regímenes similares de crecimiento, en el mismo ambiente de propagación.
4. La eficiente planeación en el uso de espacio del ambiente de propagación, permite que grandes bloques de especies similares se siembren al mismo tiempo y, si es posible, para facilitar el movimiento de las plantas que se removerán primero, colocándolas cerca del perímetro o en las puertas.

Tabla 1.5.2.- Requerimiento promedio de mano de obra en el vivero y costo por proceso

Proceso	Horas/1,000 plantas	Costo/1,000 Plantas (USD \$)	Costo total por cosecha (USD \$)	% del total
Preparación de la semilla	0.1	0.60	487.00	2.1
Siembra	1.2	6.40	5,409.00	23.6
Aclareo o raleo	0.9	4.80	4,084.00	17.9
Operaciones culturales	0.3	1.50	1,235.00	5.4
Tareas misceláneas	0.2	0.90	791.00	3.5
Mantenimiento	0.4	2.30	1,922.00	8.4
Clasificación y empaçado	1.9	10.50	8,952.00	39.1
Totales por cosecha	4.9	27.00	22,880.00	100.00

Basado en 5 años de cosecha, con un costo de mano de obra de USD \$5.50 por hora, y una producción total de 850,000 plantas por cosecha.
 Fuente: Wenny (1992).

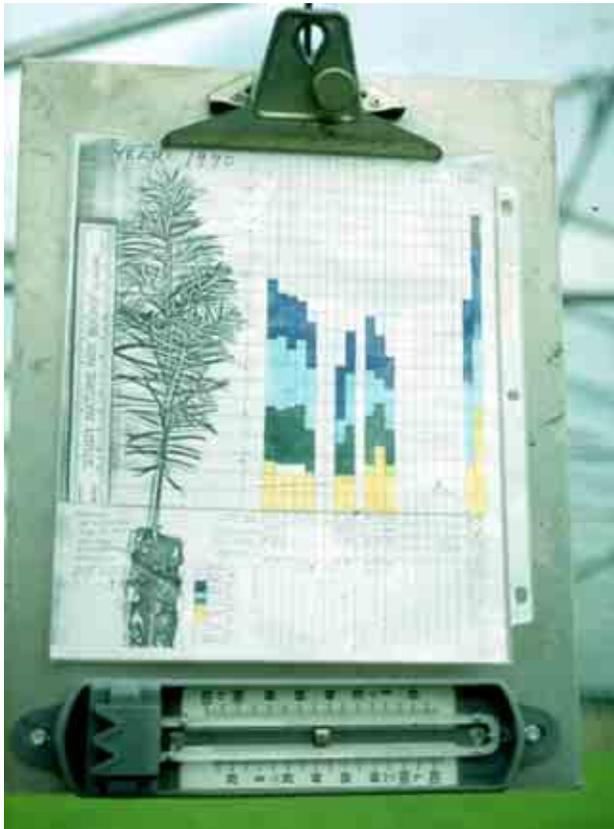
Los programas de producción deben servir como un recordatorio diario para el administrador del vivero acerca de las operaciones a realizarse y deben, junto con las varias cosechas que se están cultivando, servir como fundamento para la planeación de la fuerza de trabajo y materiales sobre una base semanal. (Los procedimientos de cómo desarrollar programas de trabajo y varios ejemplos, serán presentados en el volumen seis, capítulo 1, de esta serie).

Condiciones ambientales. Este conjunto de registros relacionados con el cultivo, considera aspectos tales como la temperatura dentro y fuera de la estructura de propagación, intensidad de la radiación solar, análisis de nutrientes del sustrato, análisis foliar de nutrientes, ocurrencia de plagas y enfermedades y otras observaciones generales (Nelson, 1991). Estos registros no sólo muestran el mantenimiento del ambiente para el cultivo, sino que también, indicarán fallas en el equipo y toda desviación involuntaria del programa de producción. Las condiciones anormales del cultivo descubiertas posteriormente, pueden a menudo estar relacionadas con fallas mecánicas previas, como lo indican los registros ambientales.

Los registros diarios o semanales de las condiciones ambientales y del desarrollo de la planta, pueden graficarse manualmente en un pizarrón montado cerca del área de trabajo. Este sistema tiene la ventaja de ser rápidamente accesible y simple (fig. 1.5.3A). Las hojas de registro pueden ser perforadas e integradas en una carpeta para su revisión y archivado posterior. Los higrotermógrafos son formas fáciles de obtener registros permanentes de temperatura y humedad. En años recientes, las computadoras para el control ambiental se usan comúnmente no sólo para controlar las condiciones en el ambiente de propagación, sino también para proporcionar una manera fácil de comprobar aleatoriamente las condiciones a lo largo del área de cultivo (fig. 1.5.3B). Esta información de tiempo atmosférico en el ambiente del cultivo, se almacena

constantemente en un disco y puede usarse para hacer un diagrama y analizar las tendencias, lo cual puede ayudar al administrador a localizar problemas rápidamente, y a aplicar medidas correctivas antes de que ocurran serias pérdidas de crecimiento.

Las condiciones atmosféricas en el ambiente de cultivo, deberán también obtenerse de una estación meteorológica normal, incluyendo la temperatura diaria máxima y mínima, la humedad, la precipitación y la velocidad del viento. Los cambios en el tiempo a menudo se relacionan directamente con las condiciones ambientales dentro de la estructura de crecimiento, así que estos registros pueden revelar problemas con el sistema de control ambiental. Las computadoras deben estar conectadas con sensores externos, que proporcionen una descripción completa del tiempo atmosférico diario y de las tendencias climáticas estacionales, y los datos puedan transferirse automática y directamente a la computadora para su almacenamiento permanente. Los registros del tiempo atmosférico son datos muy valiosos que pueden decirle al administrador cómo diseñar y operar estructuras de propagación, y cómo aclimatizar los cultivos, además de proporcionar una manera de evaluar los riesgos por daños potenciales relacionados con el tiempo atmosférico.



A



B

Figura 1.5.3. Las condiciones ambientales dentro del área de cultivo pueden ser registradas manualmente junto con notas acerca del desarrollo de la planta (A). Los sistemas computarizados en el vivero pueden monitorear y registrar el intervalo completo de variables ambientales (B).

Desarrollo del cultivo. Todos los viveros deberán llevar algunas formas de registros permanentes para monitorear el crecimiento y desarrollo de sus cosechas a través de la etapa de cultivo. Los administradores llevarán el monitoreo de los eventos significativos, tales como la velocidad de germinación y el desarrollo de yemas dormantes, y también tomarán mediciones periódicas de los

parámetros de crecimiento, incluyendo **longitud del brote** y **diámetro del tallo (calibre)**. El crecimiento de la raíz es más difícil de monitorear porque las plántulas se dañan cuando son removidas del contenedor, a menos que sean utilizados contenedores tipo libro (los cuales están especialmente diseñados para facilitar la inspección de la raíz). Aunque requiere de un muestreo destructivo, el **peso seco** de la planta es un índice útil de desarrollo del cultivo, y es necesario para el cálculo de la **relación tallo/raíz (T/R)**.

Es mejor designar a una persona –un supervisor de cultivo- responsable de tomar todas las mediciones de desarrollo e inventario de la planta. Esto garantiza que las mediciones sean tomadas de la misma manera en cada ocasión, dado que estos supervisores se llegan a familiarizar íntimamente con el desarrollo del cultivo, son de gran valor como especialistas en detección de plagas. La altura de la planta puede tomarse fácilmente con una regla y el diámetro del tallo con un vernier, registrándose estos datos en formatos previamente preparados (fig. 1.5.4A). Los vernieres digitales se leen fácilmente y pueden conectarse a un registrador portátil (fig. 1.5.4B).

Los datos de mediciones hechas manualmente pueden ser ingresados a bases de datos diseñadas para ello, y luego son descargados electrónicamente en los archivos de la computadora. Los viveros con sistemas computarizados pueden combinar esta información con los registros ambientales y de cultivo para generar sofisticados modelos de cultivos, y optimizar los programas de producción.

El medio de crecimiento y las plantas pueden analizarse químicamente para determinar los niveles de cada uno de los elementos minerales. La mayoría de los viveros toman muestras representativas del sustrato o del follaje de la planta, y los envían a laboratorios comerciales para su análisis. Esta información ayuda al administrador del vivero para que identifique y corrija los problemas de nutrición, y para probar nuevos regímenes de fertilización. Por ejemplo, pruebas con *Picea mariana* (black spruce), mostraron que incrementos de 50% en la tasa de fertilización mejoraron la tasa de crecimiento, pero con una duplicación en la fertilización causa una reducción en la calidad de la planta (tabla 1.5.3). El peso seco total decrece y los brotes llegan a ser demasiado largos, como se refleja la alta proporción tallo/raíz. El contenido de nitrógeno foliar fue demasiado alto para una buena supervivencia y un buen crecimiento, y los altos niveles de nitrato en el medio de crecimiento

condujeron a una contaminación agrícola inconveniente del agua de desecho (Ver sección 4.1.9 en el volumen cuatro de esta serie para procedimientos y estándares en las pruebas de nutrientes).



A



B

Figura 1.5.4. El monitoreo regular del desarrollo de la planta (A) proporciona información sobre los efectos de las prácticas culturales, así como un buen momento para verificar plagas. Los nuevos calibradores digitales pueden ser leídos con registradores portátiles, haciendo más rápido y exacto el seguimiento del desarrollo de la planta. (B).

Monitoreo de la planta objetivo. Los administradores exitosos de viveros usan el concepto de **planta objetivo**, para describir las características morfológicas y fisiológicas ideales de una planta que sobrevivirá y crecerá en un sitio específico de plantación (Rose *et al.*, 1990). El concepto de la planta objetivo es una manera útil para que los usuarios describan qué tipo de planta esperan, y para que los administradores de viveros describan qué pueden producir realmente. Dadas las diferencias entre las especies y las condiciones ambientales del sitio de plantación definitivo, la planta objetivo variará de cliente en cliente.

Los atributos morfológicos – incluyendo la longitud de tallo, diámetro del tallo y el volumen de raíz – son las mediciones más comunes, pero otros atributos fisiológicos ayudan a definir adecuadamente la planta objetivo. Los atributos fisiológicos son categorizados como atributos de desempeño (crecimiento potencial de la raíz, resistencia al frío, y resistencia al estrés), o atributos materiales (dormancia de yema, relación de agua, nutrición y morfología). Estos atributos de desempeño son evaluados en muestras de plantas colocadas en ambientes controlados y evaluando sus respuestas (Ritchie, 1984). (El seguimiento de la calidad de planta se discutirá con más detalle en el volumen seis de esta serie).

Tabla 1.5.3.- Los datos del desarrollo de la planta y los resultados del análisis foliar de nutrientes pueden ser muy útiles para detectar problemas o ensayar nuevas prácticas de cultivo.

Tratamiento de fertilizante	Edad (semanas)	Peso seco total (mg)	Relación tallo/raíz	Nivel* en el sustrato (ppm)	Contenido [#] de N Foliar (%)	Análisis del Manejo
Normal	13	175	4.3	2	2.75	Crecimiento aceptable
1.5X	13	290	6.6	3	3.04	Mejor crecimiento
2.0X	13	255	10.0	12	3.41	Crecimiento inferior

* = Nitrógeno-nítrico.

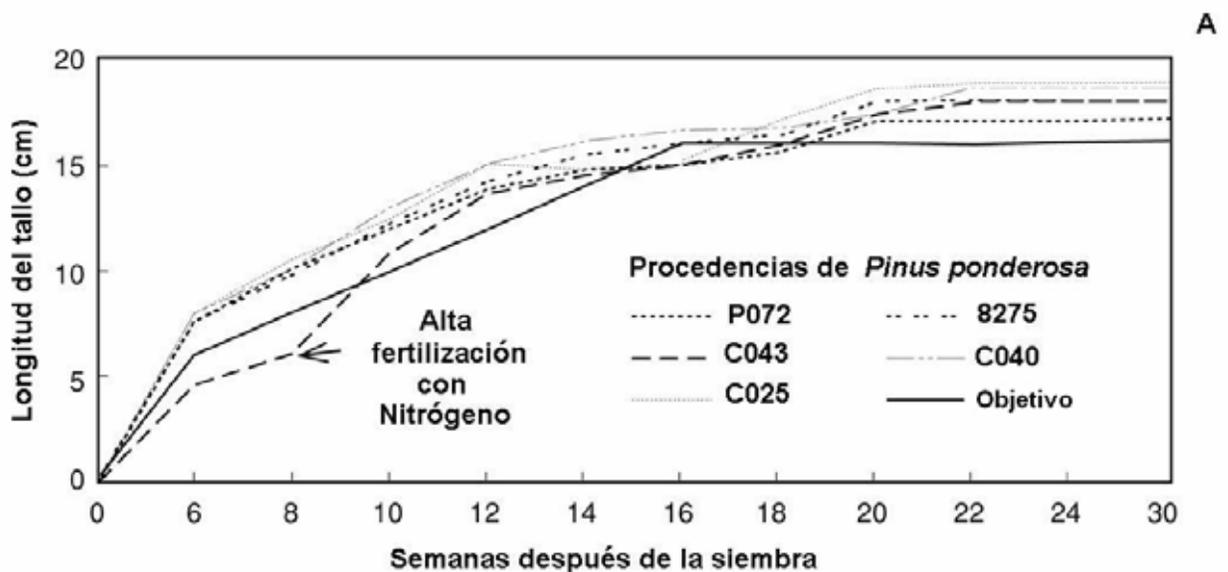
= Nitrógeno total.

Fuente: modificado de Hallett (1982).

Durante la etapa de cultivo, las tendencias en el desarrollo de la planta son fácilmente visualizadas con gráficas de la longitud del brote, diámetro del tallo y peso seco en un momento dado (fig. 1.5.5A y B). Aunque pueden graficarse manualmente, las computadoras hacen más fácil este proceso y la información puede almacenarse para un análisis futuro (fig. 1.5.5C). Estas gráficas del crecimiento son muy valiosas para el monitoreo del desarrollo del cultivo, así como para realizar ajustes en los factores ambientales y en las prácticas culturales durante el tiempo de cultivo. Por ejemplo, si un lote de semillas muestra un lento crecimiento comparado con la curva de crecimiento ideal, la tasa de fertilización con nitrógeno puede incrementarse para llegar al crecimiento esperado (fig. 1.5.5A). Sin estas gráficas, se dificulta la identificación de los problemas del desarrollo con la prontitud necesaria para ser capaz de corregirlos. La acumulación de registros del desarrollo de varias cosechas permite al administrador predecir razonablemente el crecimiento de la planta. Las curvas de crecimiento son básicas para perfeccionar los programas de producción y predecir el tiempo y los recursos necesarios para producir la planta ideal. Los efectos de un tiempo atmosférico inusual o de otros factores de cultivo sobre la calidad de planta o el tiempo de entrega de una cosecha, también pueden ser proyectados.

Hacia el final de la temporada de cultivo, las curvas de distribución de la altura y el diámetro del tallo pueden utilizarse para ilustrar cómo una cosecha satisface adecuadamente las especificaciones objetivo. Entonces, los **estándares de clasificación (selección)** pueden establecerse, basándose en las dimensiones de la planta objetivo y la capacidad del cultivo para satisfacer estas expectativas. Para la altura del tallo, las **plantas aceptables** se agrupan usualmente en una distribución normal alrededor de la especificación objetivo, con la planta de rechazo distribuida en ambas colas de la curva, por abajo de los estándares mínimos y por encima del máximo de altura (fig. 1.5.6A).

Sin embargo, la situación para el diámetro del tallo es diferente. Los clientes prefieren plantas con diámetros de tallo relativamente grandes, de tal manera que aceptarán lotes con diámetros más grandes, siempre que no se excedan los estándares de altura máxima. Por esto, las plantas se clasifican sólo para un estándar mínimo, así que para el diámetro, las plantas desechadas se distribuirán en una pequeña parte de la curva (fig. 1.5.6B). Las especificaciones de clasificación variarán con la especie y el tipo de lote, porque las plantas más grandes son posibles si se utilizan contenedores más grandes y los ciclos de cultivo son más largos (tabla 1.5.4). Debido a que cada temporada de cultivo es un poco diferente, los estándares de clasificación a menudo tienen que ser ajustados en la negociación entre el administrador del vivero y el comprador.



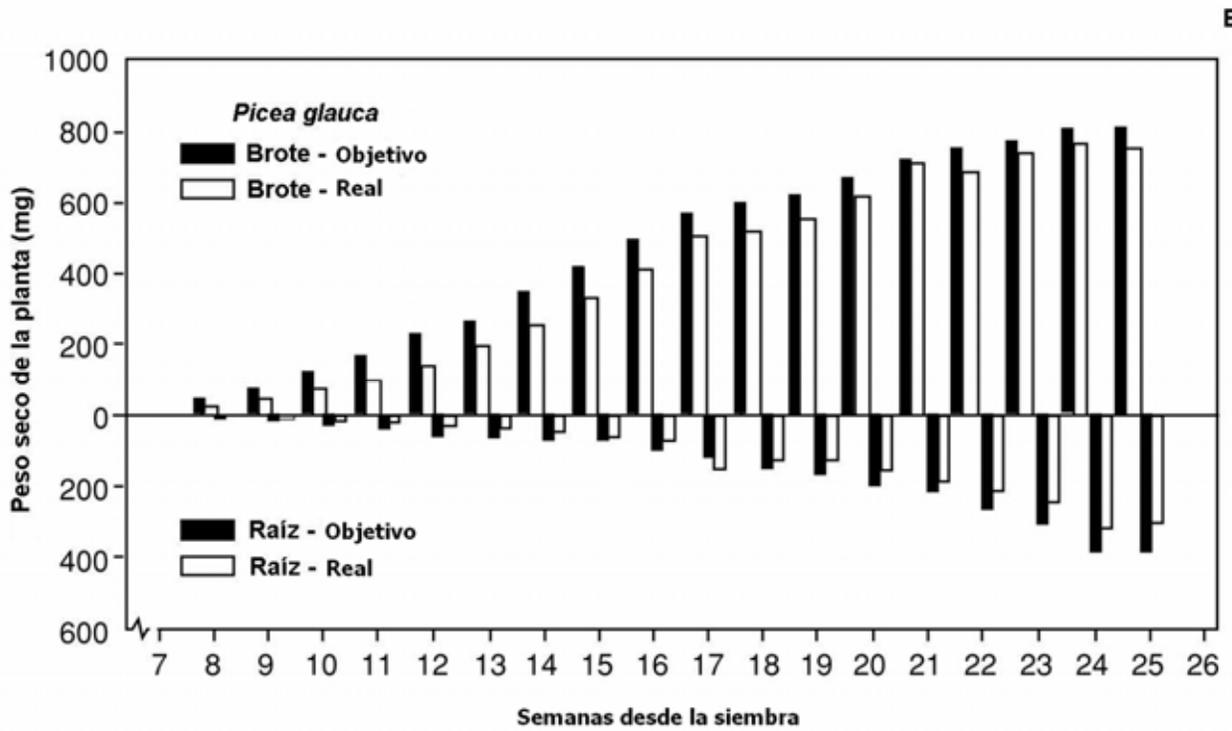


Figura 1.5.5. Graficar las curvas de desarrollo de la altura (A), diámetro y peso seco (B), ayuda al administrador a monitorear su cultivo con respecto a la planta objetivo. Los programas de computadora hacen gráficas de datos de desarrollo y las comparan fácilmente (C). (A y C, cortesía del Vivero Forestal de Investigación de la Universidad de Idaho, B, de Rose *et al*;1990).

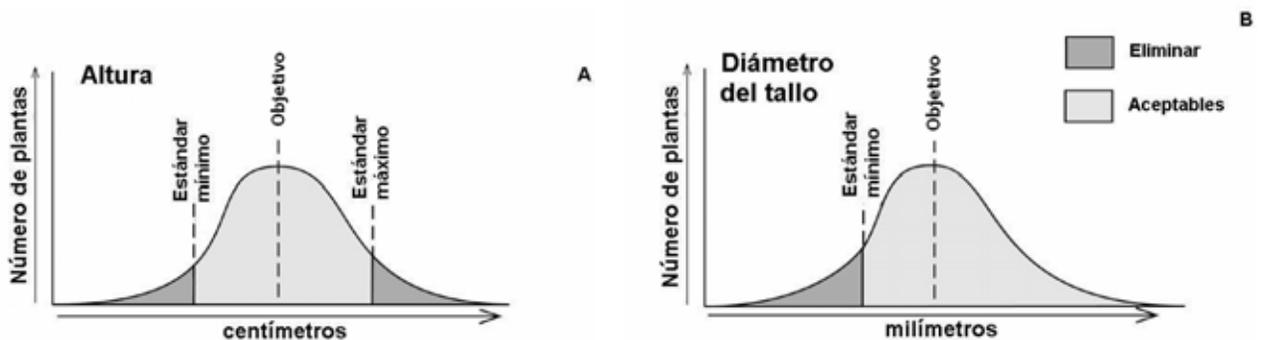


Figura 1.5.6. Las plantas aceptables típicamente se distribuyen alrededor de las dimensiones ideales en una curva normal. Para la altura del tallo (A) las plantas de desecho están por abajo del estándar mínimo de altura o por arriba del estándar máximo; para el diámetro del tallo (B) usualmente sólo se desechan plantas por abajo del estándar mínimo.

Tamaño de muestra. El número de plantas a medir usualmente es una cuestión de conveniencia, aunque los datos deben ser estadísticamente válidos; el tamaño de muestra puede ser determinado por la siguiente fórmula (Day 1979):

$$X = \frac{S^2 t^2}{AE^2}$$

Donde: X = número requerido de plantas
S = desviación estándar
t = valor de t de Student
AE = el error permitido

El número requerido de muestras varía con la especie, tipo de ambiente de propagación y parámetros de medición (tabla 1.5.4). Para un cultivo de *Picea glauca* (white spruce) y *Picea mariana* (black spruce) en el oriente de Canadá, un tamaño de muestra de 15 a 25 plantas por lote de semilla debe ser suficiente, cuando se miden altura y diámetro del tallo, pero el número se incrementa dramáticamente de 60 a 90 muestras si el peso de la planta es el parámetro (Hallet, 1982). Obviamente este tamaño de muestra es demasiado grande para ser práctico, pero el peso seco puede predecirse con bastante exactitud, tanto para las mediciones del diámetro como de la altura, usando análisis de regresión. Las ecuaciones de regresión deben ser determinadas para cada una de las especies y para cada vivero, pero una vez calculadas, dan al administrador una forma fácil de estimación del peso seco sin la destrucción de la muestra.

Tabla 1.5.4. - El tamaño de muestra requerido puede ser determinado estadísticamente, y varía con la especie y el ambiente de propagación*

Especies y sitio	Tamaño de muestra requerido			
	No. de plantas	Altura	Diámetro del tallo	Peso seco total de la planta
<i>Picea glauca</i> (white spruce)				
A	180	26	16	89
B	180	21	16	74
C	180	20	17	76
D	180	17	16	77
Total	720	15	16	81
<i>Picea mariana</i> (black spruce)				
E	180	20	18	82
F	180	21	19	81
G	180	12	14	61
H	180	16	12	79
Total	720	21	18	83

*Calculado con un error permitido del 10% y un 95% de confiabilidad.
Fuente: modificado de Hallet (1982).

1.5.5 Resolviendo Problemas del Vivero

Uno de los aspectos más importantes de un administrador de viveros es resolver los problemas que día a día se presentan. Aunque la experiencia es la mejor arma, los administradores novatos pueden llegar a ser expertos en la solución de problemas, si están preparados y siguen un procedimiento establecido (Landis,1984). Un procedimiento típico para resolver problemas, consiste de cinco pasos (fig. 1.5.7):

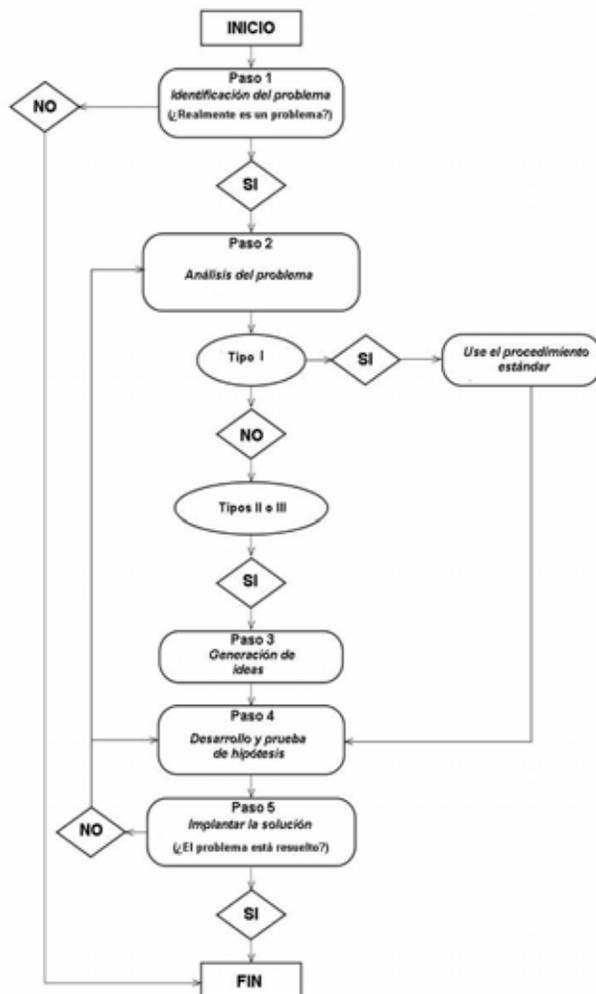


Figura 1.5.7. La solución de problemas debe aproximarse con un proceso sistemático (Landis,1984).

1 **Identificación del problema.** La identificación de problemas requiere conocimiento y experiencia. Sin embargo, al principio muchos problemas pasan inadvertidos hasta que la situación alcanza niveles críticos. El administrador debe hacer inspecciones regularmente en el cultivo, y adiestrar a su grupo de apoyo para estar alerta ante posibles problemas.

- 2 **Análisis del problema.** Hacer un análisis eficiente del problema, con una descripción exacta de la situación, de tal manera que se identifique lo que es y lo que no es problema. Procurar observar con una mente abierta y separar los problemas aparentes de los reales.
- 3 **Generación de ideas.** Aunque el nuevo administrador piense que su situación es única, hay probabilidades de que alguien haya encarado el mismo problema antes. La información puede obtenerse del grupo de apoyo, otros viveros y de la literatura publicada.
- 4 **Desarrollo y prueba de hipótesis.** Los administradores deben mantener una mente abierta durante el proceso de evaluación y considerar todos los aspectos de la situación. Los problemas del vivero usualmente requieren una pronta acción, y algunas decisiones tendrán que hacerse sobre evidencias incompletas.
- 5 **Instrumentar la solución.** Todos los viveros tienen restricciones de recursos económicos, tiempo y personal, así que los administradores deben decidir qué soluciones son prácticas bajo su propia situación. Se requiere un seguimiento para asegurarse que el problema realmente está resuelto y así, cuando un tratamiento correctivo sea aplicado, las parcelas testigo deberán dejarse siempre para comparación.

Los administradores pueden mejorar en la resolución de problemas visitando otros viveros, participando en talleres y sesiones de entrenamiento, y manteniéndose actualizados con lo último de la literatura publicada (fig. 1.5.8).



Figura 1.5.8.- Los administradores pueden ganar experiencias valiosas visitando otros viveros, y entablando discusiones sobre regímenes de cultivo y problemas de producción.

1.5.5.1 Principios de manejo de emergencias

Una crisis es un problema particularmente severo que demanda atención inmediata. Algunas crisis requieren acciones correctivas en minutos; otras pueden requerir una respuesta en una escala de tiempo de horas a varios días. El administrador debe dimensionar cada situación y reaccionar en consecuencia. Una reacción alarmista puede ser tan dañina como no actuar inmediatamente, no sólo para el bienestar del cultivo, sino también para el buen funcionamiento de todo el vivero. El momento de una crisis nunca puede predecirse, pero con un manejo adecuado, la frecuencia de ocurrencia y de perjuicio puede minimizarse.

Estar preparado. Aunque nadie puede prepararse para todas las contingencias posibles, hay ciertas cosas que se pueden hacer por adelantado para prevenir que muchas de las emergencias lleguen a convertirse en desastres. Cualquier vivero cuenta con ciertos procedimientos estándares de operación, que representan la mejor información disponible. Por eso, los cambios en los procedimientos culturales, en la calibración del equipo, o en la sincronización deberán hacerse con precaución. El registro de los cambios debe ser anotado en la bitácora del vivero, así los trabajadores que serán afectados, estarán informados.

Debe guardarse un surtido de partes de repuesto de artículos cuya función sea crítica, que necesiten una reposición constante, que sean difíciles de encontrar, o que tome largo tiempo obtenerlos. Estos artículos que pueden ser necesitados en una emergencia, deben estar marcados para indicar dónde van o para qué sirven. Conforme sean utilizados, pueden irse resurtiendo oportunamente.

Debido a que el administrador no puede estar disponible todo el tiempo, más de una persona debe saber qué hacer en una emergencia. Los siguientes consejos deben ser discutidos con todo el personal responsable y estar documentándolos en el manual operativo del vivero:

1. **Qué condiciones son normales.** Es necesario reconocer una situación anormal que requiera corrección.
2. **Qué condiciones requieren atención inmediata y cuales pueden esperar.** A nadie le gusta que lo saquen de la cama a media noche para reparar alguna cosa que pudiera haber esperado hasta mañana, pero es peor ser complaciente con algo que debió haber sido corregido inmediatamente.

3. **Cómo corregir lo que está mal.** Todos los involucrados deben estar familiarizados con los procedimientos críticos de reparación en el vivero.
4. **Dónde están guardadas las herramientas y las refacciones.** Las herramientas y las refacciones siempre deben estar en el mismo lugar, siempre en su lugar, y estar donde puedan ser tomadas de inmediato. Cuando hay una crisis, nada es más irritante y desperdiciador de tiempo que tener que buscar las herramientas y las refacciones.
5. **A quién llamar si se necesita ayuda.** Los números telefónicos de emergencia deben estar colocados en la oficina central o en otro punto estratégico, incluyendo el del electricista y otros servicios personales. También puede ser útil enlistar los números de productores locales, especialistas en plagas y consultores de viveros, que estén capacitados para ayudar.

Utilizar todos los sentidos en todo momento. Muchos problemas potenciales pueden prevenirse si se está alerta. Cuando se esté aproximando a una estructura de propagación, haga un esfuerzo consciente para observar si todo está normal. En una tarde calurosa y soleada, los ventiladores deben estar funcionando. En un día frío, las calderas deben estar funcionando y quizá estar visible el vapor de los tubos de escape. Si no es así, investigar. ¿La doble capa de plástico está inflada y firme, o está suelta y aleteando? Si está suelta, revisar el ventilador de inflado. Si el ventilador funciona adecuadamente, revisar si existen agujeros en la cubierta. Si el plástico está demasiado tenso, reducir la apertura o la velocidad del ventilador. Si la visita a las instalaciones se hace por la noche, observar si la luz para el fotoperíodo enciende cuando debe. Si es durante la fase de endurecimiento, cuando la luz debiera estar apagada, observar si alguna luz se dejó encendida cerca del área de la estructura de propagación.

Visite las áreas de cultivo, siempre que camine de un lugar a otro. Tan pronto como se entre al área, los sentidos dirán si la temperatura y la humedad están dentro de un intervalo razonable. Poner atención al caminar a través del vivero. ¿Algún motor en operación rechina y requiere engrasado? ¿Se escucha el zumbido de un motor, pero nada está trabajando? Buscar una banda rota o atascada y revisar si el motor está sobrecalentado. Las bandas sueltas o gastadas pueden ser ruidosas y deben ser reparadas para que se puedan escuchar los sonidos relacionados con otros problemas. ¿Se escucha agua corriendo? ¿Debiera estar corriendo? ¿La caldera opera suavemente o vibra de manera irregular al hacer combustión? Los

generadores de dióxido de carbono hacen un fuerte sonido que es normal.

Use el olfato. ¿El aire en el área de propagación huele como debiera? ¿La caldera está afinada adecuadamente, o la combustión es incompleta? ¿Ha sido fumigada la estructura? Si es así, ¿las señales de aviso se han colocado en las puertas? La mayoría de las sustancias químicas utilizadas en los viveros pueden identificarse por su olor característico. De igual manera, el sobrecalentamiento del motor tiene un olor distintivo. Algunos productores experimentados son capaces de detectar el débil olor del moho gris, y así pueden ser capaces de impedir el brote de una enfermedad.

Examinar las plantas cuidadosamente. ¿La morfología del tallo es normal y correcta, de acuerdo a la fase de desarrollo? En particular, observar las señales de un desarrollo prematuro de la yema. ¿Hay síntomas de deficiencias nutricionales o de toxicidad? Levante una bandeja o una charola. ¿Se siente el peso adecuado? ¿La humedad del cepellón está a capacidad de campo? ¿Las raíces están sanas o hay evidencias de raíces podridas? ¿El follaje está sano o hay signos de síntomas anormales? ¿Hay insectos? (en especies latifoliadas buscar en el envés de la hoja) Si un problema se desarrolla después, ayuda el saber qué plagas potenciales se han tenido en el área de cultivo, así que el tratamiento de control puede iniciarse inmediatamente.

Cada vivero es un poco diferente, por lo que se dificulta especificar lo que se debe buscar. El administrador debe hacer una lista de puntos clave, a efecto de utilizarse como ayuda para el entrenamiento y enseñar a su grupo de apoyo a estar alertas y saber qué buscar; sin embargo, no hay sustituto para la experiencia directa.

Estar alertas ante el surgimiento de problemas.

Tan pronto como la condición anormal sea reconocida, hay más tiempo para corregirla antes de que cause daños. La clave es el conocimiento de lo que constituye la condición normal, y estar lo suficientemente alertas para reconocer cuando algo está fuera de lugar. Los mecanismos de alarma pueden ser muy útiles para el llamado de auxilio cuando nadie está presente. Debe haber una lista de pendientes en la oficina o en otro punto central, indicando la programación del control ambiental, las condiciones del cultivo, y demás información necesaria para ayudar en el diagnóstico en una situación anormal.

Llevar diariamente una bitácora también es una buena idea. Esto ayudará a determinar qué es normal y cuándo hay desviaciones de lo normal, también dar indicios de lo que está mal. Revisar regularmente el higrotermógrafo, la computadora del control ambiental, y otro equipo de monitoreo (al menos diariamente), y registrar las observaciones en la bitácora diaria. Las revisiones semanales de la bitácora pueden ayudar a detectar problemas o cambios sutiles. Los sistemas expertos apoyados en equipos de cómputo están disponibles en la actualidad, son un nuevo recurso que no sólo recogen y despliegan los datos, sino que los analizan y le dicen al productor cuando ocurre un problema, e incluso predicen los problemas futuros y recomiendan soluciones.

Los siguientes ejemplos demuestran cómo las gráficas del higrotermógrafo o los registros de una base de datos, pueden usarse para resolver problemas:

- **Las gráficas indican que aunque el control de temperatura es satisfactorio en la mañana y durante la tarde, éste excede el punto de referencia durante el período más cálido del día.** Esta tendencia indica una capacidad inadecuada de enfriamiento. Revisar que todos los ventiladores, las paredes húmedas, las bombas de agua y las ventilas operen satisfactoriamente. Si todo trabaja apropiadamente, entonces quizá se esté experimentando uno de esos pocos días del año cuando la carga de calor excede la capacidad diseñada del sistema de enfriamiento. Si esto pasa frecuentemente, el sistema de enfriamiento no está adecuadamente diseñado, o el clima es demasiado húmedo para que el enfriamiento por evaporación sea eficiente.
- **En un día soleado, los registros muestran un ascenso abrupto en la temperatura del invernadero.** La causa más frecuente es una falla en la fuente de energía. En un día soleado y caluroso, estos picos de temperatura pueden ser muy dañinos y representan una llamada para la acción inmediata (ver sección 1.5.5.2). Una temperatura excesiva debe accionar la alarma que llamará por ayuda; pero sin los registros de temperatura, sería imposible determinar si se alcanzaron temperaturas dañinas y por cuánto tiempo.
- **Reducciones de la temperatura muy por abajo del punto de referencia antes de que el calentador sea encendido.** Este comportamiento es típico de un mal funcionamiento del sensor de temperatura, tal

como un termostato pegado. Esto ocurre usualmente muy al principio del período de calor y tiende a auto corregirse, pero si esto ocurre repetidamente, el termostato debe ser reemplazado.

- **Las temperaturas fluctúan ampliamente alrededor del punto de referencia.** Esto puede ser causado por varias cosas. ¿Los sensores de temperatura están en línea directa con el calentador o la circulación del calor es bloqueada en alguna forma? Si es así, los sensores pueden ser movidos y corregidos los problemas de circulación. Este patrón también puede ser causado por un termostato con un diferencial demasiado grande, ya sea porque está puesto inadecuadamente o porque está deteriorado. El termostato debe ser reajustado o reemplazado.

1.5.5.2 Temperaturas críticas

Cuando las temperaturas llegan a ser demasiado cálidas o demasiado frías, las plántulas aún suculentas pueden dañarse en poco tiempo, así que se requiere de acciones inmediatas. Incluso en estructuras de propagación completamente controladas, las fallas en el equipo del control ambiental por tan solo un corto período de tiempo, pueden ocasionar daños a la planta (fig. 1.5.9). Como las medidas de emergencia algunas veces son dañinas en sí mismas, el administrador debe decidir en cada caso con cuanta rapidez reaccionar y qué acciones representan la mejor alternativa.

Frío inusual. Hay dos tipos de daño invernal. Cuando la temperatura cae por debajo de la temperatura inferior que tolera una planta, el daño resultante proviene de la baja temperatura. Cuando la parte superior de la planta está expuesta mientras que la raíz está continuamente congelada, el daño resultante es la desecación. El administrador debe determinar cuál tipo de daño por frío es más amenazador, pues el tipo de respuesta puede ser diferente.



Figura 1.5.9. Los productores deben estar alertas ante posibles fallas en el equipo de control ambiental, tal como si las ventilas quedaran abiertas durante el tiempo de frío, porque el daño a la planta puede ocurrir rápidamente.

Daño por desecación. En un cultivo a cielo abierto o en áreas con sombra, el cubrir físicamente la planta puede ser la mejor opción para evitar los daños por desecación. Probablemente la cubierta más barata que puede desplegarse rápidamente es el polietileno, preferentemente blanco, aunque claro o negro bastará en una emergencia. Otras cubiertas de malla plástica más efectivas también están disponibles, pero son más costosas. Después de que la temperatura ha subido por arriba del umbral de peligro, las cubiertas deben ser removidas prontamente, especialmente cuando hay radiación solar directa, porque el sobrecalentamiento puede llegar a causar problemas.

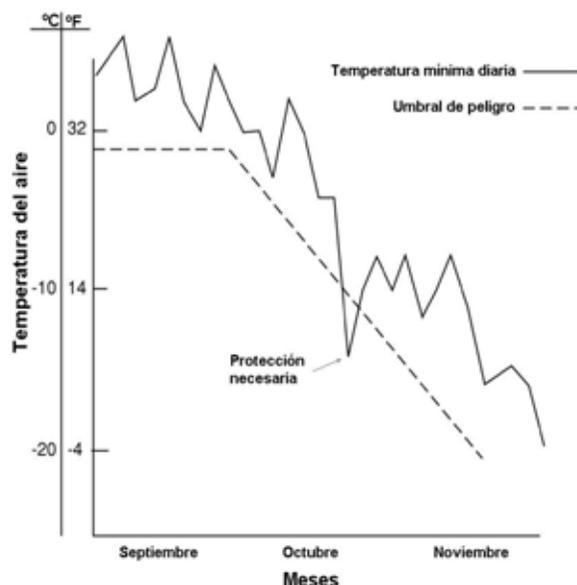
La cubierta de las plantas también las puede proteger contra los daños por frío, especialmente si se utilizan láminas aislantes de espuma plástica.

Protección contra heladas con riego. Debido a que el agua libera calor cuando ésta se congela, las plántulas suculentas pueden ser protegidas de los daños por frío con riego bajo ciertas condiciones. Primero, la necesidad de protección depende del endurecimiento ante el frío que tenga la planta, la cual gradualmente se incrementa durante las últimas semanas del verano y se abate cuando el cultivo entra en reposo –dormancia- (fig. 1.5.10A). La curva del rebrote al final del invierno y principios de la primavera es de mayor pendiente, no obstante, porque las plantas pierden su endurecimiento tan pronto como las temperaturas

son más cálidas. Por eso, antes de proteger ante heladas, el administrador debe tener una idea de cuán endurecida está la planta contra el frío. Un buen diseño del programa de producción permitirá disponer del tiempo adecuado para el período de endurecimiento, y para hacer pruebas periódicas de endurecimiento contra el frío; mismas que puedan mostrar cuánto frío puede tolerar el cultivo en el momento, y la tasa a la que está lignificando. La estación meteorológica del vivero debe estar en conexión con la estación meteorológica local oficial, de modo que las temperaturas mínimas en el vivero puedan predecirse a partir del pronóstico local. Si la predicción de la temperatura mínima está por abajo del umbral de peligro para la planta, entonces debe garantizarse la protección contra la helada.

El siguiente requerimiento es un sistema de riego adecuado. Un sistema diseñado para proveer la demanda normal de agua de riego puede *no ser* adecuado para proteger contra heladas. Un sistema de riego diseñado para éste último propósito, debe suministrar una película uniforme y casi continua de agua sobre el follaje de las plantas, porque la protección existe sólo mientras el agua continúe congelándose y liberando calor. Los sistemas de riego de aguilón pueden no moverse lo bastante rápido y la formación de hielo será un problema. El aspersor de los sistemas de riego diseñados para proporcionar protección contra heladas debe incluir las siguientes consideraciones (Pair *et al.*, 1983):

1. Las boquillas de los aspersores deben tener orificios de diámetros relativamente pequeños, en un intervalo de 1.6 a 4.8 mm (1/16 a 3/16 pulgadas).
2. Los aspersores metálicos generalmente son preferidos, debido a la tendencia de las cabezas plásticas a formar escarcha.
3. Las cabezas de los aspersores deben girar al menos a una revolución por minuto.
4. Los aspersores no deben estar espaciados a una distancia más allá del 50% de su diámetro efectivo.
5. La aplicación de tasas de riego de 2.5 mm (0.1 pulgadas) por hora, han sido efectivas bajo condiciones de viento tenue. Con esta tasa se requieren cerca de 421 litros/minuto de agua para cubrir 1 hectárea de plantas (=45 galones/minuto/acre).



A



B

Figura 1.5.10. La protección de emergencia contra el frío es necesaria sólo cuando la temperatura mínima esperada descienda por abajo del umbral de peligro para el cultivo (A). Las plantas pueden protegerse contra heladas mediante riego, pero los productores deben conocer la tolerancia al frío de sus cultivos, así como las condiciones actuales y pronosticadas del tiempo atmosférico. En este cultivo con transplante de cepellón, las plantas fueron dañadas cuando una bomba de riego falló después de mojar sólo aquellas plantas más allá de la boquilla (B).

Aún con un sistema de riego adecuado, el administrador debe saber cuándo iniciar la aplicación del agua para la protección contra helada. Las mediciones del tiempo atmosférico con un psicrómetro (temperaturas de bulbo húmedo y bulbo seco), son absolutamente esenciales. La temperatura del bulbo húmedo es importante porque bajo condiciones de humedad relativa baja, el efecto de enfriamiento evaporativo puede, realmente conducir a la planta a una temperatura más baja que la del aire, cuando el agua hace contacto con los tejidos (fig. 1.5.10B). El viento puede causar el mismo efecto, por lo que la velocidad del viento también debe ser un factor en el proceso de toma de decisiones. Los administradores que anticipadamente utilizan el riego para proteger contra heladas, deben informarse mejor a través de la lectura de literatura técnica, por ejemplo, Regan (1988) y la sección 4.2.7.4 en el volumen cuatro de esta serie.

Este es un buen ejemplo de como la información apropiada, la experiencia y el equipamiento son necesarios para responder en una crisis. El administrador inexperto quien prende el sistema de riego como protección contra heladas sin tener la información necesaria, realmente puede causar más daño que si no se hiciera nada. (Los síntomas y el manejo de daños por frío se cubren en la sección 5.1.6 del volumen cinco, y las pruebas de endurecimiento contra el frío se discutirán en el volumen seis).

Fallas en el calentador. Cuando está muy frío en el exterior y falla el sistema de calefacción, las temperaturas en un invernadero de doble capa de polietileno, pueden bajar en una proporción de 0.5°C (1 °F) por minuto. Esto significa un descenso en la temperatura a 10 °C (50 °F) en tan sólo 20 minutos, que es una temperatura típica de alarma y de congelamiento. Si la planta está suculenta, se requiere una acción inmediata porque si sobrevive a la helada, puede entrar en dormancia irreversible. Mucho influye el endurecimiento relativo del cultivo contra el frío. Si las plantas han comenzado con el proceso de endurecimiento, el potencial para entrar en dormancia es irrelevante y si la helada ocurre ya muy avanzado el proceso de endurecimiento, usualmente no se hace daño.

Primero deberá localizarse la causa de la falla en la generación del calor. Si se prolongara la corrección, preparar la acción emergente para el suministro de calor. Buscar primero lo más simple:

- **Fallas en la energía.** Si no hay energía, cortar la corriente de todo aquello que no sea esencial, para no sobrecargar al generador, y

entonces poner en marcha el generador de emergencia.

- **Calentador sin funcionar.** Revise primero el suministro de combustible. Si es adecuado, revise la caldera pues el piloto puede estar apagado. Vuélvalo a encender. Si no permaneciera encendido reemplace el sensor de temperatura quemado. Si el ventilador no está funcionando, revise el interruptor y oprima el botón de reinicio. Si el ventilador no enciende, apague el interruptor del circuito, huela el motor y gire las aspas del ventilador manualmente. Si el motor huele a quemado o el ventilador no gira, trate engrasando las conexiones y girando las aspas. Si aún así no funciona, reemplace el motor. Si el motor arranca pero hay poco o nulo flujo de aire, apretar o reemplazar la banda. Si éste gira libremente, revise los tornillos de la flecha. Si hay un calentador de aceite que no funcione, presione el botón de reinicio. Si esta falla continua, revise el interruptor y los motores como se dijo anteriormente. Si se pone en marcha pero no permanece encendido, limpie o reemplace el sensor óptico, cambie el interruptor defectuoso o eleve el límite del sensor.
- **El ventilador enfriador se mantiene encendido.** Revise que el termostato no esté pegado o mal calibrado. Apagar el interruptor si es necesario.
- **Las ventilas permaneces abiertas.** Cerrarlas manualmente y engrasarlas. Revisar que el termostato no esté pegado o mal calibrado.
- **Perforaciones en la cubierta de la estructura de propagación.-** Remendar o cubrir las plantas con plástico.

Si el sistema de calefacción no puede ser reparado rápidamente, entonces deben colocar al interior de la estructura de propagación calentadores portátiles. Los calentadores de propano si es posible deben usarse preferentemente, porque los modelos de calentadores que queman aceite producen emanaciones que son tóxicas, tanto para los humanos como para las plantas.

Calor excesivo. Normalmente un tiempo cálido puede ocasionar daños por calor en complejos a cielo abierto, pero la situación es particularmente crítica dentro de las estructuras de propagación, especialmente en la primavera, cuando la insolación es alta y cuando las plántulas están suculentas (fig. 1.5.11A). Altos niveles de calor pueden causar daños directa o indirectamente. La intensidad de la luz solar puede dañar el tejido de los tallos (fig. 1.5.11B), y el calor resultante también incrementa las pérdidas transpiratorias, lo cual

puede inducir a un daño indirecto por sequía. (Ver sección 5.1.5.3 en el volumen cinco de esta serie para síntomas y ayuda en la diagnosis).

El calor excesivo durante la **fase de rápido crecimiento** es un problema relativamente simple, porque un riego inmediato produce un enfriamiento por transpiración, especialmente en climas de baja humedad. El riesgo de daño por el riego de emergencia es bajo, aunque algunos fertilizantes pueden lixiviarse fuera del medio de crecimiento. Sin embargo, las temperaturas cálidas no estacionales son un problema más serio durante la **fase de endurecimiento**, o en almacenamientos carentes de protección, porque la dormancia de las plantas puede afectarse. En el otoño, temperaturas superiores a 10°C (50°F) pueden retrasar y posiblemente revertir el endurecimiento. A finales del invierno y principios de la primavera, temperaturas mayores a 5°C (41°F) pueden causar una falta de endurecimiento irreversible. Generalmente estos episodios no estacionales no duran lo bastante para causar problemas, pero si, la pérdida de dormancia en la planta durante la primavera es un problema crítico, por lo que el almacenamiento en refrigeración es la mejor solución.

Un sobrecalentamiento del invernadero demanda acción inmediata. La causa común es una falla en el sistema de enfriamiento, y las temperaturas en un día soleado que pueden ascender 1°C (1.8°F) por minuto. En tal caso, abrir manualmente todas las puertas y salidas en la estructura de propagación. En una estructura pequeña, esto puede ser bastante efectivo, pero resulta de valor limitativo en una construcción grande. Si ha ocurrido un apagón en la fuente de energía, desconecte cualquier cosa que no sea esencial y cambie al generador de emergencia. Si eso no es el problema, revise los termostatos para estar seguro que están correctamente instalados y que trabajan bien. Reiniciar o reemplazar según sea necesario. Las fallas en sólo una parte del sistema de enfriamiento usualmente no resultan en una crisis, pero aún así deberán corregirse lo más pronto posible. Esto también ilustra lo importante del diseño redundante en el sistema. Si sólo hay un ventilador y este falla, todo el sistema de enfriamiento se viene abajo. Si hay tres ventiladores y uno falla, dos tercios del sistema estarán funcionando.



A



B

Figura 1.5.11.- Los daños por calor o por sequía pueden suceder en cuestión de unas pocas horas en contenedores de volumen pequeño (A), especialmente cuando las plantas están expuestas a la luz directa del sol (B).

1.5.5.3 Fuego

Aunque los viveros que producen en contenedor son áreas generalmente de bajo peligro, el fuego puede ser devastador en las estructuras de propagación y otras construcciones del vivero. Las estructuras con armazón de madera y que estén cubiertas con fibra de vidrio, son particularmente susceptibles (Hanan *et al.*, 1978). Si un invernadero de estructura de madera con cubierta de polietileno de doble capa se quema, el calor se concentra cerca del techo, se derrite el plástico, se abre un agujero y se libera el calor, de tal manera que el fuego no se extiende rápidamente. En contraste, un invernadero de fibra de vidrio es lo bastante resistente para retener el calor hasta que toda la estructura arda. Una vez que la fibra de vidrio alcanza su temperatura de descomposición, el fuego se expande rápidamente.

La respuesta inmediata deberá ser encender el sistema de riego y apagar todo lo eléctrico que no sea necesario y que esté cerca del incendio, especialmente el sistema de enfriamiento. De otra manera, los ventiladores de enfriamiento podrían encenderse como respuesta al aumento de temperatura y ayudar a que el fuego se extienda rápidamente por todo el inmueble. Una buena precaución puede ser la ubicación adecuada y la señalización de los interruptores para los ventiladores.

Por desgracia, la mayoría de los incendios en las estructuras de propagación están por arriba de lo que puede humedecer el sistema de riego, pero el riego puede aún salvar parte del cultivo. La mayor parte de los contenedores están hechos de poliestireno o polietileno, los cuales son altamente inflamables una vez prendidos, así que el potencial de peligro de incendio debe tenerse en mente donde los contenedores vacíos se almacenan. Las inspecciones regulares y el adiestramiento repetido para la prevención y combate de incendios, deben ser parte de los programas de seguridad de todos los viveros (Hanan *et al.*, 1978).

1.5.5.4 Crisis por agua

Inundación. Las instalaciones adecuadamente localizadas no deben estar sometidas a inundación por causas naturales. Sin embargo, si una inundación es anticipada, desconecte todo el equipo eléctrico en el vivero y mueva el equipo y todo aquello que pueda ser afectado. Si hay bastante tiempo, en el perímetro del vivero se pueden construir diques y achicar el agua; si no, lo que se puede hacer es esperar a que el agua disminuya y entonces limpiar.

El anegamiento interno usualmente es causado por la ruptura de la línea del agua. Inmediatamente deberá cerrarse la toma principal y entonces reparar la ruptura. La inundación y sus consecuencias adversas pueden minimizarse, y el trabajo de reparación simplificarse si se divide el sistema de conducción del agua con válvulas estratégicamente localizadas, que estén marcadas y de fácil alcance. Entonces, si una línea de riego se rompe, puede cerrarse sin afectar el suministro de agua al resto del vivero, especialmente para los usos críticos tales como el sistema de enfriamiento evaporativo.

Escasez de agua. Una pérdida total de la presión del agua puede ser causada por problemas en la bomba, o alguna otra catástrofe con el sistema de abasto de agua. Cuando la línea del agua se rompe o las bombas dejan de trabajar, el problema y la solución inmediatamente se hacen evidentes. Otra posibilidad es un mal funcionamiento de los controles automáticos del riego. Dependiendo del tamaño del contenedor y de las condiciones ambientales, las plantas pueden estar sin riego por unas pocas horas, excepto si se requiriese inmediatamente durante una crisis de temperatura. Si hay agua disponible en el invernadero pero no hay forma de aplicarla automáticamente, entonces las plantas pueden regarse manualmente. Los números telefónicos de emergencia para plomeros, electricistas y especialistas en bombas, deberán colocarse en la oficina de la gerencia o en otro lugar fácilmente accesible para su localización.

Los patrones irregulares de crecimiento de las plantas debido a una distribución irregular del agua son comunes, pero pueden ser difíciles de diagnosticar. Aunque usualmente esto es provocado por un mal diseño del sistema de riego, aún los mejores sistemas deben ser revisados para detectar taponamientos o un mal funcionamiento de los aspersores. (El monitoreo del agua en los contenedores se discute en la sección 4.2.6 y las pruebas de la eficiencia del sistema de riego se cubren en la sección 4.2.3.5 del volumen cuatro de esta serie.)

1.5.5.5 Problemas culturales

En contraste con el mal funcionamiento del equipo o condiciones ambientales severas, los problemas culturales se desarrollan más lentamente, requieren una observación estrecha para detectarlos en su estado temprano, y raramente requieren atención inmediata. Sin embargo, este tipo de problemas son de suma importancia, y a menudo es más difícil encontrar sus causas y corregirlos. En la mayoría de los casos, sin embargo, pueden ser prevenidos

con adecuada programación y técnicas de cultivo. Con la siguiente discusión se intenta ayudar al administrador del vivero para diagnosticar las causas de los problemas culturales. (Un procedimiento más detallado para un diagnóstico paso a paso, así como indicios de daño, pueden encontrarse en el volumen cinco de esta serie.)

Germinación errática o retardada. Los problemas de dormancia de la semilla ocurren a menudo en un patrón aleatorio, con plantas de varios tamaños entremezclados con cavidades vacías (fig. 1.5.12). Los problemas de germinación deben ser identificados y corregidos prontamente o un área de producción considerable se perderá durante el resto del ciclo de cultivo.

Las pruebas de germinación pueden dar al administrador una idea del porcentaje de la tasa de germinación y de la germinación total, que deberá tener un lote particular de semillas. Estas pruebas pueden ser realizadas por un laboratorio de semillas mediante un costo, o pueden realizarse en el vivero. Si se dispone de tiempo antes de la siembra, se puede hacer una prueba simple sembrando una serie de contenedores con una o varias semillas por cavidad. La velocidad de emergencia y la apropiada densidad de siembra pueden ser determinadas para cada lote o especie en un lapso de un mes.

Independientemente de la especie, operativamente la emergencia de la plántula deberá ser evidente dentro de las primeras cuatro semanas, si la semilla ha sido probada y encontrada viable, si se le ha dado el tratamiento pregerminativo apropiado, y si se siguieron los procedimientos sanitarios adecuados. Si la emergencia es lenta o nula después de varias semanas, busque las semillas en el contenedor y si no las encuentra, se tiene un problema con la sembradora o depredación por animales. (Ver la sección 5.1.3 en el volumen cinco de esta serie). Extraiga unas pocas semillas, córtelas a la mitad y examínelas con una lupa. Si el tejido interior está oscuro, entonces la pudrición por hongos es una posibilidad; si son de color crema y parecen saludables, entonces existe un problema de dormancia en la semilla. Compare la temperatura de germinación recomendada con la de los registros actuales. Examine la profundidad de siembra. Si la semilla está muy profunda, remover un poco la cubierta; si está demasiado superficial, incrementar la frecuencia de los riegos.

En el caso de una germinación parcial, la resiembra o el trasplante pueden justificarse si el número proyectado de cavidades vacías es más grande que el factor de sobresiembra. Sin embargo, esto debe hacerse inmediatamente, porque las plántulas de resiembra o de trasplante pueden quedar suprimidas por las plantas ya establecidas.



Figura 1.5.12.- Una mala calidad de semilla genera patrones de crecimiento con mosaicos debido a las tasas irregulares de germinación o a las enfermedades del almácigo, resultando en una baja densidad y una subutilización del espacio de crecimiento.

Tasas de crecimiento menores a lo programado.

Descontando los mejores esfuerzos para controlar las condiciones del cultivo, las diferencias de las condiciones ambientales de un año al otro, ocasionarán una variación correspondiente en el crecimiento del cultivo. Las mediciones periódicas del porcentaje de germinación, el tamaño de la planta, la formación de la yema y el endurecimiento contra el frío, son importantes para comparar una cosecha con la próxima. Desarrollando una línea base del crecimiento como una función del tiempo, el crecimiento de cosechas posteriores puede predecirse con mayor precisión. Los registros previos de crecimiento son de mucho valor en la identificación y corrección de problemas al respecto (fig. 1.5.5 A). Entre más pronto pueda detectarse un problema potencial, más fácil se corrige.

Hay que estar consciente que las semillas de una misma especie, pero de diferente procedencia, pueden presentar patrones de crecimiento radicalmente diferentes, y pueden demandar ser cultivadas de manera completamente distinta. Las especies con amplia distribución geográfica, tal como *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir) y *Pinus ponderosa* (ponderosa pine), tienen ecotipos que pueden reaccionar más como especies diferentes, que como plantas de la misma especie. Por ejemplo, las plantas de *Pseudotsuga menziesii* de zonas altas en Montana, crecerán mucho más lento y formarán yema más pronto que las de la misma especie procedentes de la costa de Washington (fig. 1.5.13A). Los ecotipos costeros pueden ser cultivados sin iluminación fotoperiódica, mientras que las procedencias del interior, procedentes de altas elevaciones, formarán muy pronto la yema después de la germinación sin un adecuado control del fotoperíodo. Una prueba de fertilización con seis procedencias de *Pseudotsuga menziesii* (fig. 1.5.13B), mostró que las procedencias de la costa de Washington pueden ser cultivadas a alturas objetivo, con sólo 100 ppm de nitrógeno (N), mientras que las procedencias más internas del este de Washington, Idaho y Montana, generalmente requirieron al menos de 150 ppm de N (Thompson, 1994).

Dormancia prematura. Las plantas que desarrollan sus yemas terminales y detienen el crecimiento prematuramente, típicamente generan un patrón irregular, y a menudo la formación de la yema puede ser repentina (fig. 1.5.14A). Los problemas de dormancia son usualmente una respuesta de estrés debido a condiciones ambientales, por lo que el primer paso es revisar que todos los controles ambientales estén adecuadamente calibrados y funcionando. Examine las gráficas del higrómetrografo, los registros del tiempo atmosférico por computadora y la bitácora diaria, donde se pueda haber registrado mal funcionamiento del equipo, eventos meteorológicos anormales o procedimientos culturales inadecuados. Si es encontrada una causa específica, corregir el problema tan rápido como sea posible, pero a menudo las plantas que han entrado en una dormancia prematura son difíciles de estimular para romper dicho estado y lograr una tasa de crecimiento normal, además de que la respuesta puede ser variable (fig. 1.5.14B). Si se desconoce la causa, el siguiente procedimiento puede ser probado en la secuencia indicada:

1. Incrementar por la noche la intensidad de la iluminación fotoperiódica, a 10 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{segundo}$ (650 lux) y la duración de los intervalos de luz en una proporción de 1 período de luz por 8 períodos de oscuridad (ver sección 3.3.4 en el volumen tres, capítulo 3 de esta serie para información más detallada).
2. Elevar la temperatura por la noche, de 22 a 24°C (72 a 75° F).
3. Aumentar el nivel de nitrógeno en la solución nutritiva. La mayoría de las especies pueden tolerar hasta 300 ppm sin efectos adversos.
4. Rociar con 50 ppm de ácido giberélico.

Si ninguna de estas medidas de emergencia funciona, entonces los administradores aceptan una planta pequeña o, permiten que el cultivo entre al ciclo de dormancia y se dispone para que salga con la próxima cosecha.



A Alta elevación PSME Baja elevación PSME

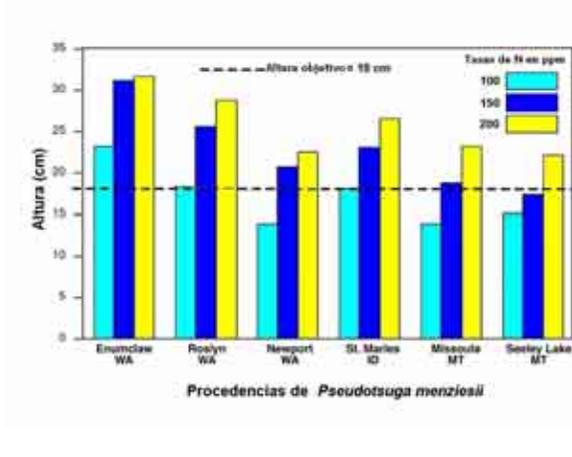


Figura 1.5.13. Ecotipos incluso de la misma especie, como *Pseudotsuga menziesii* (Douglas-fir) pueden mostrar una variación radical en la tasa de crecimiento (A), por lo que las procedencias deberán ser cultivadas en forma diferente, como es el suministro de más nitrógeno (N) en la fertilización, para aquellas procedencias con crecimientos más lentos (B). (B, de Thompson, 1994).



A



B

Figura 1.5.14. La formación prematura de la yema (A) o el patrón de rompimiento irregular de la yema (B), son típicamente ocasionados por una intensidad insuficiente de la iluminación fotoperiódica u otros problemas culturales relacionados con el control de la duración del día.

Síntomas foliares. El color anormal del follaje puede ser causado por diferentes problemas. Los administradores deberán examinar primero las raíces, porque muchos síntomas foliares son causados por problemas ahí.

Marchitamiento. El marchitamiento es causado por la incapacidad de las raíces para reponer la humedad en la planta tan pronto como el follaje la pierde. La causa más común es la falta de humedad en el cepellón. Si éste es el caso, la planta debe ser humedecida inmediatamente. Algunas veces el marchitamiento ocurrirá, en días atípicos soleados y calurosos, en plantas incluso bien irrigadas, especialmente después de periodos de tiempo atmosférico frío y nublado. Si éste es el caso, pruebe incrementando la humedad y reduciendo los picos de temperatura del día, mediante breves aspersiones. Si las condiciones persisten, entonces el procedimiento o el programa de riego puede que deban ser ajustados.

El marchitamiento también puede indicar problemas con la obtención del agua en el sistema de raíces. Un sustrato que es demasiado fino o que ha sido sobrecompactado, tendrá baja porosidad y fácilmente puede llegar a saturarse. Un sustrato saturado frecuentemente promueve la pudrición de la raíz. Bajo estas condiciones, el marchitamiento a menudo es acompañado por clorosis y achaparramiento, lo cual puede presentarse en un patrón de bloques (vea las siguientes secciones). La única solución es reducir la cantidad de agua en cada riego, aplicando sólo el agua suficiente en cada ocasión, para forzar al

lixiviado fuera del fondo del contenedor. El programa de riego deberá ser ajustado y corregir los problemas del sustrato en el próximo cultivo. (Los sustratos son revisados en el volumen dos y las prácticas adecuadas de riego se cubren en el volumen cuatro de esta serie).

Clorosis. La clorosis es una reducción en la cantidad de clorofila presente en el follaje, y es un síntoma general de muchas enfermedades. Las observaciones cuidadosas de dónde ocurren los síntomas, pueden redituar importantes indicios.

La clorosis es un síntoma de deficiencia de varios nutrientes minerales incluyendo nitrógeno, hierro, magnesio y azufre, pero los dos primeros son los más comunes en los viveros que producen en contenedor (fig. 1.5.15A). Una revisión del patrón sintomático, tanto en el follaje como en el área de cultivo, puede ayudar al diagnóstico (fig. 1.5.15B). Si el daño es general o se concentra sobre el follaje más viejo y se acompaña con achaparramiento, se puede sospechar de una deficiencia de nitrógeno. Los síntomas de deficiencia de hierro difieren en que sólo el follaje nuevo está clorótico. Para confirmar el diagnóstico, se precisa revisar el pH y la formulación de la solución nutritiva y verificar también el pH del sustrato.



A



B

Figura 1.5.15.- El follaje clorótico (amarillo) es un síntoma que puede ser causado por muchos factores, pero el patrón sobre hojas individuales (**A**), y en el área de cultivo, puede ayudar al diagnóstico (**B**).

Si se sospecha de una deficiencia de hierro, hay que poner particular atención en los niveles de pH, y asegurar que se están utilizando quelatos de hierro. Algunas veces son útiles los análisis químicos del follaje, especialmente si se comparan con muestras de tejido sano. Es necesario comparar los niveles de nutrientes en el follaje con los estándares establecidos. Para un diagnóstico rápido, se recomienda aplicar un fertilizante foliar cuando exista la sospecha de deficiencias nutricionales, y observar si el síntoma desaparece en una o dos semanas. (Los síntomas de deficiencias de nutrientes minerales, estándares de nutrientes en el follaje, y técnicas adecuadas de fertilización, se presentan en el volumen cuatro de esta serie).

Manchas. Manchas cloróticas o necróticas en el follaje o tallo de las plantas pueden ser causadas por varios problemas. Las manchas foliares pueden ser originados por hongos, bacterias e insectos, así que estas posibilidades deberán descartarse primero (ver la siguiente sección). Las deficiencias de magnesio y calcio, y los niveles tóxicos del boro pueden ser responsables, por lo que los administradores deberán seguir las advertencias de la sección anterior. Si sólo las puntas o los márgenes del follaje están cloróticos, particularmente si hay tejido necrótico, entonces puede sospecharse de un daño químico. Los daños por sal o plaguicidas también pueden causar estos síntomas. Primero, es necesario revisar los niveles de la conductividad eléctrica en el agua de riego, luego los del sustrato y los del lixiviado. La contaminación del aire también es una posibilidad, aunque ello debió haber sido investigado durante la selección del sitio. Si la fuente de contaminación está dentro del propio vivero, ésta puede eliminarse. El dióxido de azufre es producido por el

uso de combustibles altos en azufre, y el escape de gases debe ubicarse lejos del invernadero. Revise con el distribuidor de combustible, si la proporción de carbono-azufre es menor a 10,000:1 cambie a un combustible bajo en azufre. Si un quemador de aceite se usa como calentador de emergencia, utilice keroseno o diesel del número 1. Otra fuente de contaminación interna del aire es el ozono. Los motores eléctricos sucios o mal gastados generan cantidades apreciables de ozono. Limpie o repare los motores si esta condición es encontrada. (Una adecuada selección del combustible se discute en la sección 3.1.4 en el volumen tres, y los síntomas por contaminación se discuten en 5.1.5.3 del volumen cinco de esta serie).

La determinación de la causa exacta de los problemas de cultivo requiere un análisis cuidadoso, así que los administradores inexpertos deberán consultar con especialistas.

Patrones anormales de crecimiento. Una clave importante para diagnosticar problemas de cultivo es observar el patrón espacial en el cual ocurre el problema de crecimiento.

Efectos de orilla y crecimiento irregular. El crecimiento en altura típicamente es más grande en la parte media que en las orillas de la cama de crecimiento y, en casos extremos, las plantas de la orilla también están cloróticas (fig. 1.5.16). Si el patrón es pronunciado, el paisaje en la parte superior de la cama se asemeja a una “barra de pan”. La causa más común es una inadecuada circulación de aire, lo que provoca diferencias locales de temperatura y humedad. El remedio es propiciar una circulación de aire adecuada, especialmente durante las horas del día y preferiblemente, bajo las camas de crecimiento. Otra causa es que los contenedores en la orilla de las mesas están expuestos a más luz. Esto acelera el desecamiento y puede causar elevación de la temperatura en la raíz. El problema puede ser minimizado si se utilizan contenedores blancos o de color claro. Los contenedores de poliestireno expandido (Styrofoam®) son convenientes en este aspecto, por su capacidad de aislamiento y de reflejar la luz. El riego debe ser programado para mantener la humedad adecuada en los contenedores de las orillas, sujetos a una más rápida desecación. Esto significa que el sustrato debe ser lo suficientemente poroso, de tal manera que los contenedores del interior puedan tolerar el exceso de humedad. El mantenimiento de una humedad adecuada también reducirá las diferencias en el consumo de agua entre las cavidades de la orilla y las interiores.



Figura 1.5.16.- Un riego inadecuado incrementa la desecación a lo largo del perímetro del área de cultivo causando un patrón de crecimiento denominado “efecto de borde”.

Anillos o franjas. Las plantas cloróticas o achaparradas agrupadas en anillos, círculos o franjas, a menudo indican problemas con la uniformidad del riego. El patrón de riego debe probarse con una red fija de recipientes para determinar si las plantas están recibiendo más o menos agua, que en el resto del invernadero. La situación puede ser complicada por la alta salinidad en el agua de riego o un sustrato compuesto por partículas que son de textura demasiado fina; en cualquier caso, la tolerancia de la planta a los problemas de disponibilidad de agua es reducida. La mejor solución es rediseñar el sistema de riego para proveer una distribución del agua más uniforme. Puede ser posible el simple cambio de una boquilla por otra que funcione mejor con la presión del agua y distribución espacial existentes. Si esto no es práctico, una solución a corto plazo es el riego manual de las áreas que no son regadas suficientemente. O si el exceso de agua no es un problema, puede usarse un sustrato arenoso bien drenado, y la duración del riego se puede incrementar para poder asegurar que todas las áreas reciban la cantidad de agua adecuada. (Los síntomas típicos se ilustran en la fig. 4.2.24, y el diseño adecuado de un sistema de riego se discute en la sección 4.2.5 del volumen cuatro de esta serie).

Si las plantas sintomáticas varían en tamaño y condición de la yema (fig. 1.5.14B), entonces el problema pudiera ser la variación en la intensidad

de la luz del sistema de iluminación fotoperiódica. Las plantas que no reciben la intensidad de luz suficiente durante la noche, pueden detener el crecimiento y formar yema prematuramente. Este problema es particularmente común con sistemas de luz colocados oblicuamente, o con lámparas en lo alto de un tipo o voltaje equivocados. Esto puede ser obvio sólo con ciertas especies o procedencias, particularmente aquellas de altitudes o latitudes elevadas. El problema se puede diagnosticar visitando el área de propagación por la noche, y midiendo la intensidad de la luz, siguiendo un modelo de red que cubra toda el área de cultivo. Para corregir el problema, pueden cambiarse las lámparas; sin embargo en casos extremos, el sistema de iluminación tendrá que ser rediseñado por completo. (Los síntomas se ilustran en la figura 3.3.12, y un diseño adecuado del sistema de iluminación fotoperiódica se discute en la sección 3.3.4.5 del volumen tres en esta serie).

Las franjas con plantas sintomáticas pueden ser también causadas por problemas de diseño en el área de cultivo. Por ejemplo, una cama porta charolas que no permita adecuadamente la poda aérea del sistema de raíces, puede causar un crecimiento irregular y conllevar a problemas de enfermedades en la raíz (fig. 1.5.15B).

Patrón en bloque. Si las plantas están completamente ausentes de ciertos bloques de contenedores, habrá que sospechar de un problema en la siembra. Los patrones anormales de crecimiento que varían entre diferentes bloques de contenedores, usualmente pueden ser provocados por problemas en el sustrato (fig. 1.5.17A). El problema puede ser por: diferencias en la porosidad, incorporación desproporcionada de mejoradores químicos, o por una mala esterilización de los contenedores. El patrón puede ser ocasionado por una baja calidad del sustrato o un descuido en la técnica de llenado de los contenedores, especialmente cuando éstos son llenados manualmente. Algunos trabajadores tienen la tendencia de compactar demasiado el sustrato en las cavidades, causando problemas en la porosidad. La incorporación de fertilizantes de lenta liberación o de otros mejoradores, puede también causar diferencias en el crecimiento de la planta entre bloques de contenedores. Por ejemplo, si se ha incorporado demasiada dolomita en el sustrato de ciertos bloques, las plantas mostrarán clorosis o enroscamiento de acículas (fig. 1.5.17B). Esta sintomatología puede ser más común en ciertas especies que en otras (Dumroese *et al.*, 1990). Otro patrón en bloque puede relacionarse con contenedores viejos que no han sido adecuadamente esterilizados. Muchos patógenos

causantes de la pudrición de raíz aumentan en residuos de sustrato, o en las raíces que se quedan en las cavidades de los contenedores e infectan los cultivos posteriores. Este patrón puede ser particularmente evidente cuando el cultivo se siembra en una mezcla de contenedores nuevos y usados. El mayor crecimiento de la planta que crece en los contenedores nuevos, puede ser indicador de un problema de esterilización. (La formulación de sustratos se discute en el volumen dos, y la esterilización de contenedores en la sección 5.1.7.2 del volumen cinco de esta serie).

Patrón en mosaico. Un patrón de crecimiento en mosaico es aquel en el cual los parches o grupos de plantas con crecimiento normal, se haya interpuesto con parches de plantas cloróticas, achaparradas o anormales. Este síndrome es diferente de los otros patrones de crecimiento anormal, en que los parches de plantas son relativamente más pequeños en tamaño, y el patrón no coincide con alguna condición obvia. Una de las causas más comunes de los patrones de crecimiento en mosaico, es una micorrización dispareja; esto se ve comúnmente en viveros a raíz desnuda, especialmente con cultivos que requieren micorrizas vesículo-arbusculares. Sin embargo, la carencia de micorrizas no deberá ser un problema en viveros que producen en contenedor, si se usa un sustrato adecuado y se provee de una buena fertilización.



A

Figura 1.5.17.- Los síntomas que se presentan en un patrón de tipo bloque (A) pueden ser causados por enfermedades de la raíz debidas a una deficiente esterilización del contenedor, o por una mala calidad del sustrato. Por ejemplo, el mezclado inadecuado de piedra caliza dolomítica en el sustrato, puede causar retraso en el crecimiento de los brotes, clorosis o espiralamiento (“rizado”) de acículas (B).



B



A

Figura 1.5.18.- La clorosis en el follaje nuevo (A), es un síntoma de deficiencia de hierro o de otros micronutrientes, que frecuentemente es causado por un incremento paulatino de sal en el sustrato, debido a una inadecuada lixiviación (B).



B

Una de las causas más comunes del patrón de crecimiento en mosaico en contenedores, puede ser por el agua de riego con elevados valores de pH o sales solubles. Cualquiera de estas condiciones deberá detectarse durante la selección del sitio, aunque la salinidad se concentra paulatinamente en el sustrato, bajo prácticas de riego deficientes. A menudo, las plantas están cloróticas; en el caso de deficiencia de hierro, el follaje más nuevo es amarillo, mientras que el

follaje más viejo permanece verde (fig. 1.5.18A). Esta situación puede ser fácilmente remediada con fertilizantes especiales quelatados, y asegurando que se aplique bastante agua en cada riego, de tal manera que las sales solubles se lixivien y salgan del contenedor (fig. 1.5.18B).

Patrón aleatorio. Algunas veces, plantas individuales que están distribuidas aleatoriamente por todas partes del área de propagación, muestran síntomas de enfermedad o algún tipo de crecimiento anormal (fig. 1.5.19A). Los patrones de crecimiento con distribución aleatoria son comúnmente causados por problemas en la semilla, y ello puede deberse tanto al factor genético como a patógenos. Por ejemplo, las plántulas albinas ocasionalmente se encuentran dispersas aleatoriamente en algún lote de semillas (fig. 1.5.19B). Los patógenos también afectan de manera aleatoria a algunos individuos, y algunos lotes de semillas son afectados más que otros. Debido a que los insectos son altamente móviles y a menudo atacan una planta a la vez, el daño por insectos llega a presentarse con una distribución aleatoria por toda el área de propagación (fig. 1.5.19C).

Problemas de plagas. El ambiente ideal de propagación en viveros que producen en contenedor también conlleva problemas de plagas, incluyendo hongos fitopatógenos e insectos.

La exclusión de plagas es uno de los beneficios de los cultivos de plantas en sustratos estériles y contenedores, porque todos los problemas comunes de hongos asociados con el suelo se eliminan. Sin embargo, los hongos pueden ser introducidos en contenedores sucios, la cubierta de las semillas y a través del sistema de riego. Los administradores de viveros que producen en contenedor deben permanecer particularmente alertas, porque el ambiente ideal de propagación también es propicio para el desarrollo de los hongos. El micelio o cuerpos fructíferos de un hongo, algunas veces son visibles en partes necróticas de las plantas, y estos **signos** son necesarios para un diagnóstico adecuado y posterior tratamiento de la enfermedad. Sin embargo, los productores deben ser capaces de distinguir entre un hongo fitopatógeno y uno benéfico. Los cuerpos fructíferos de los hongos micorrízicos algunas veces pueden ser vistos sobre o dentro de los contenedores (fig. 1.5.20A), y algunos tipos de micorriza pueden ser vistos en el sistema radical (fig. 1.5.20B). Las pudriciones de raíz pueden ser diagnosticadas eliminando la corteza externa de la raíz, y observando tejido sano de color blanco; las raíces caféas indican

enfermedad (fig. 1.5.20C). Deberán colectarse algunas muestras para ser enviadas a un especialista de plagas en vivero, para su cultivo e identificación. El brote de enfermedades puede ser suprimido con funguicidas, previniendo la expansión del hongo en el tejido sano, pero no debe esperarse la curación de la planta una vez que ésta ha sido dañada.

El área de cultivo deberá revisarse regularmente para la detección de insectos. No debe esperarse a que los síntomas del daño aparezcan. El daño por insectos a menudo ocurre cerca del perímetro del área de propagación, o en otras ocasiones aparece como un patrón aleatorio (fig. 1.5.19 A y C). Es recomendable examinar el follaje completamente; algunos insectos son muy pequeños y están camuflageados, así que difícilmente pueden ser detectados. Los insectos plaga también son móviles y muchos se esconden durante las horas con luz, así que también deberá inspeccionarse ocasionalmente el área de propagación por la noche. Tarjetas pegajosas amarillas o azules y trampas con feromonas, pueden ayudar a detectar la presencia y los niveles poblacionales de algunos insectos plaga. La identificación adecuada es importante, por ejemplo, la mosca de la rivera no es perjudicial, pero es casi idéntica al dañino mosco fungoso. La frecuencia de las inspecciones y la urgencia de la acción dependen de la etapa de crecimiento, y la naturaleza de la plaga probable. Por ejemplo, los insectos chupadores y los masticadores son una plaga seria de especies de hoja ancha, durante la fase de rápido crecimiento, pero son de menor consecuencia durante la fase de endurecimiento, cuando de todos modos, las hojas están cercanas a la caída.

El diagnóstico de problemas de plagas en el vivero requiere experiencia, así como conocimientos adecuados, por lo que un nuevo administrador de vivero, deberá contactar a los viveros circunvecinos para ver si han tenido problemas similares, o contactar un profesional especialista en plagas de viveros. (Ver sección 5.1.2 en el volumen cinco de esta serie para más ayuda en cuanto al diagnóstico de plagas).



A



B



C

Figura 1.5.19. La distribución aleatoria de plantas sintomáticas (A) puede ser causado por hongos que lleva la semilla, diferencias genéticas entre individuos (B), o insectos plaga que atacan plantas individuales (C).



A



B

Figura 1.5.20. Los productores deben ser capaces de distinguir organismos benéficos, tales como los cuerpos fructíferos de los hongos micorrízicos (A), y raíces micorrizadas (B) de raíces enfermas, color café (C).



C

1.5.6 Relación con los Clientes

La importancia de una buena relación con los clientes no debe ser subestimada. El viejo adagio “el cliente siempre tiene la razón” deberá ser parte de la filosofía del administrador de cualquier vivero. Mantenga a los clientes involucrados en el desarrollo del cultivo. Si las tasas de germinación son bajas para un lote de semillas en particular, notifique inmediatamente al cliente porque puede ser posible la resiembra o corregir el problema de otro modo. El crecimiento lento de la planta, el daño por plagas, o cualquier problema de cultivo que retrasen la salida de la planta, que afecta el número de plantas disponibles para su entrega, o que pueda requerir ajustes en los estándares de clasificación, deberán también ser discutidos con el cliente, cuando se les ha informado oportunamente. No hay nada más molesto para un cliente que tener una desagradable sorpresa en el momento de la entrega. Considere que los clientes ya han hecho una alta inversión en la preparación del sitio y en el programa de plantación, mismo que puede perderse, si el número o la calidad de las plantas cambian. Los clientes entenderán más y comprenderán mejor los problemas, si se les ha mantenido informados de la condición de sus plantas a lo largo del ciclo de cultivo. Así, ellos tendrán tiempo para ajustar sus programas de plantación. Invitar a los clientes a observar sus plantas es una buena medida para hacer que se conozca más acerca del trabajo del vivero, y también es un buen momento para discutir sobre el desarrollo del cultivo y los estándares de clasificación de las plantas. La clave es darle a cualquiera que esté implicado todo el tiempo que sea posible para realizar los ajustes necesarios. Hay abundante competencia en los negocios de viveros que producen en contenedor, y los clientes frustrados pueden decidir irse a otra parte por planta.

1.5.7 Resumen

El aspecto final del establecimiento de un vivero involucra la creación de un sistema de manejo. Hay varios aspectos clave para todo vivero exitoso: organización sólida, personal profesional, un sistema de captura y análisis de datos y el establecimiento de un sistema para resolver problemas. El manejo de un vivero para que tenga éxito, debe tener una organización estructurada, la cual asegure que las responsabilidades sean asignadas y que los trabajos sean realizados. En viveros pequeños, el administrador puede ser además el dueño y también puede ejecutar todas estas funciones, pero conforme el vivero crece en tamaño y complejidad, algunas de las tareas deben ser delegadas en otras personas. La supervisión requiere habilidades especiales, y los nuevos administradores deben ser capaces de contratar y retener a empleados productivos. Todos los viveros deberán tener un programa formal de seguridad, y reuniones regulares para tratar asuntos en este aspecto.

Cada vivero debe tener un sistema de captura y análisis sistemático de la información financiera y datos de producción, además de los registros culturales, incluyendo los programas de producción, las condiciones ambientales en el área de propagación, así como los registros del desarrollo del cultivo. Los sistemas de registro pueden ser desde una simple bitácora diaria hasta sistemas computarizados, que además registran y almacenan los datos ambientales. Los registros de las tasas de desarrollo de la planta son particularmente útiles para detectar prontamente problemas en el crecimiento, y para generar las tendencias de la producción para cultivos futuros. La comunicación con los clientes es crucial, y el concepto de la planta objetivo es una manera útil de describir qué tipo de planta esperan, y para los administradores de viveros describe qué pueden producir realmente.

Uno de los aspectos más importantes de la administración de viveros es resolver los problemas diarios. Los administradores pueden llegar a resolver mejor los problemas si visitan otros viveros, si asisten a talleres y sesiones de entrenamiento, y si se actualizan con la literatura publicada recientemente. Muchas de las crisis son causadas por fallas en los equipos o condiciones ambientales severas, y aunque el momento de una crisis nunca puede predecirse, la frecuencia de ocurrencia y los daños pueden ser minimizados con un manejo adecuado. En contraste con el mal funcionamiento del equipo o condiciones ambientales adversas, los problemas culturales se desarrollan más lentamente, y raramente requieren atención inmediata. Sin embargo, usualmente se pueden prevenir con programación adecuada y un diagnóstico rápido.

Finalmente, los administradores de viveros deben tener siempre en mente que sus plantas pertenecen al cliente, quien deberá estar informado de cualquier cuestión relacionada con el desarrollo durante la temporada de cultivo. Los viveros deben involucrar al cliente en las decisiones críticas, de tal manera que no haya sorpresas en el momento de la entrega de la planta.

1.5.8 Referencias

1.5.8.1 Referencias generales sobre administración de viveros

Davidson, H.; Mecklenburg, R.; Peterson, R. 1988. Nursery management: administration and culture. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 413 p.

Furuta, T. 1978. Environmental plant production and marketing. Arcadia, CA: Cox Publishing Co. 232p.

Hanan, J.J.; Holley, W.D.; Goldsberry, K.L. 1978. Greenhouse management. New York: Springer-Verlag. 530 p.

Jozwick, F.X. 1992. The greenhouse and nursery handbook. Mills, WY: Andmar Press. 511 p.

Langhans, R.W. 1980. Greenhouse management. Ithaca, NY: Halcyon Press. 270 p.

Nelson, P.V. 1991. Greenhouse operation and management. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall. 612 p.

1.5.8.2 Literatura específica citada

Armson, K.A.; Sadreika, V. 1979. Forest tree nursery soil management and related practices. Ottawa, ON: Ontario Ministry of Natural Resources. 179 p.

Brumfield, R.G. 1992. Greenhouse cost accounting: a computer program for making management decisions. HortTechnology 2(3): 420-424.

Clements, S.E.; Dominy, S.W.J. 1990. Costs of growing containerized seedlings using different schedules at Kings Clear, New Brunswick. Northern Journal of Applied Forestry 7(2): 73-76.

Day, R.J. 1979. The development of a method for monitoring the growth of nursery stock. Silv. Rep. 1979-1. Thunder Bay, ON: Lakehead University, School of Forestry. 28 p.

Day, R.J. 1981. Programmable calculator (TI-59) programs for use in forest nurseries. Silv. Rep. 1981-1. Thunder Bay, ON: Lakehead University, School of Forestry, 70 p.

Dumroese, R.K.; Thompson, G.; Wenny, D.L. 1990. Lime-amended growing medium causes seedling growth distortions. Tree Planter's Notes 41(3): 12-17.

Goldsberry, K.L. 1979. Greenhouse safety: for plants and people alike. In: Proceedings, Intermountain Nurserymen's Association Meeting; 1979 August 13-16; Aspen, CO. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Station: 14-15.

Hallet, R.D. 1982. Monitoring crop development during the rearing of containerized seedlings. In: Scarratt, J.B.; Glerum, C.; Plexman, C.A., eds. Proceedings, Canadian Containerized Tree Seedling Symposium; 1981 September 14-16; Toronto. COJFRC Symp. Proc. O-P-10. Sault Ste. Marie, ON: Canadian Forestry Service, Great Lakes Forest Research Centre: 245-253.

Landis, T.D. 1984. Problem solving in forest-tree nurseries with emphasis on site problems. In: Duryea, M.L.; Landis, T.D., eds. Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings. Boston: Kluwer Academic Publishers: 307-314.

Pair, C.H.; Hinz, W.H.; Frost, K.R.; Sneed, R.E.; Schiltz, T.J. 1983. Irrigation, 5th ed. Arlington, VA: The Irrigation Association. 686 p.

Pawuk, W.L. 1982. The effects on growth of transplanting, germinating seeds into containers. Tree Planter's Notes 33(1): 38-39.

Regan, R. 1988. Sprinkler salvation. American Nurseryman 168(5): 70-77.

Ritchie, G.A. 1984. Assessing seedling quality. In: Duryea, M.L.; Landis, T.D., eds. Forest nursery manual: Production of bareroot seedlings. Boston: Kluwer Academic Publishers: 243-259.

Rose, R.; Carlson, W.C.; Morgan, P. 1990. The target seedling concept. In: Rose, R.; Campbell, S.J.; Landis, T.D., ed. Target seedling symposium: Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations. 1990 August 13-17; Roseburg, OR. Gen. Tech. Rep. RM-200. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 1-8.

Scagel, R.; Bowden, R.; Madill, M. Kooistra. C. 1993. Provincial seedling stock type selection and ordering guidelines. Victoria, BC: British Columbia Ministry of Forests, Silviculture Branch. 75 p.

Thompson, G. 1994. Growth of container Douglas-fir at 3 different nitrogen fertilization rates. [Manuscript submitted to Tree Planter's Notes].

Rochester, WA: Weyerhaeuser Co., Rochester Regeneration Center.

Tinus, R.W.; McDonald, S.E. 1979. How to grow tree seedlings in container in greenhouses. Gem. Tech. Rep. RM-60. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station. 256 p.

Wallersteiner, U. 1988. Cumulative trauma disorders in forest nursery workers. In: Landis, T.D., tech. coord. Proceedings, Combined Meeting of the Western Forest Nursery Associations; 1988 August 8-11; Vernon, BC. Gen. Tech. Rep. RM-167. Ft. Collins, CO: USDA Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 75-76.

Wenny, D. 1992. Personal communication. Moscow, ID: University of Idaho, Forest Research Nursery.