



**MANUAL DE VIVEROS PARA LA
PRODUCCIÓN DE ESPECIES
FORESTALES EN CONTENEDOR**

VOLUMEN 7

Capítulo 4

Almacenamiento de Planta

Contenido

7.4.1 Introducción	127
7.4.1.1 Distancia entre el vivero y el sitio de plantación	127
7.4.1.2 Diferencias entre la época de cosecha en el vivero y la época de plantación	127
7.4.1.3 Facilitando la cosecha y el transporte	128
7.4.1.4 El almacenamiento refrigerado como herramienta de cultivo	128
7.4.2 Almacenamiento a corto plazo para la plantación en verano u otoño - “Plantación caliente”	129
7.4.3 Almacenamiento durante el invierno	131
7.4.3.1 Diseño y ubicación de las instalaciones para el almacenamiento	131
El clima general en el vivero	
Características de la producción del vivero	
Distancia a los sitios de plantación	
Número y tamaño de las plantas a ser almacenadas	
7.4.4 Sistemas de almacenamiento no refrigerados	133
7.4.4.1 Almacenamiento a cielo abierto	133
7.4.4.2 Sistemas de almacenamiento sin estructura	135
Cubiertas plásticas blancas	
Cubiertas y paneles blancos de Styrofoam®	
Cubiertas plásticas Bubble-Wrap®	
Mallas contra heladas	
Cubiertas plásticas con una capa de material aislante	
7.4.4.3 Estructuras de almacenamiento	137
Estructuras frías	
Estructura tipo campana y casas de polietileno	
Casas sombra	
Invernaderos	
7.4.5 Almacenamiento refrigerado	142
7.4.5.1 Fisiología de las plantas en el almacenamiento refrigerado	143
Dormancia	
Resistencia al frío	
Resistencia al estrés	
Potencial de crecimiento de la raíz (PCR)	
Reserva de carbohidratos	
7.4.5.2 Manejo, descongelación y plantación de la producción congelada	146
7.4.6 Monitoreo de la calidad de la planta en el almacén	149
7.4.7 Causas de daño del almacenamiento durante el invierno	151
7.4.7.1 Daño por frío	151
7.4.7.2 Desecación	151
7.4.7.3 Pérdida de dormancia	151
7.4.7.4 Mohos del almacén	152
7.4.7.5 Daños por animales	154
7.4.8 Resumen y conclusiones	155
7.4.9 Literatura Citada	156

7.4.1 Introducción

A diferencia de algunos productos agrícolas que pueden ser almacenadas por largos periodos sin decremento en su calidad, los cultivos de los viveros en contenedor son seres vivos que tienen por sí mismos, después de su cosecha, un corto periodo de vida. Por lo tanto, es necesario contar con instalaciones de almacenamiento bien diseñadas para todas las plantas nativas producidas en vivero.

El almacenamiento de planta no fue una consideración de importancia en el pasado, cuando los viveros eran establecidos cerca de los proyectos de plantación. Esto permitió que las plantas fueran extraídas del suelo del vivero un día, y plantadas al día siguiente. Su transportación era lenta y el manejo y empaçado bastante sencillos (Figura 7.4.1). Reflejado en aquellos días y conociendo lo que se hace en la actualidad respecto de la fisiología de la planta, es sorprendente ver cómo muchas de aquellas primeras plantaciones se desarrollaron.

Es importante tener en cuenta que el almacenamiento de la planta es una necesidad operativa y no, un requerimiento fisiológico (Landis, 2000), debido a las siguientes cuatro razones.

7.4.1.1 Distancia entre el vivero y el sitio de plantación

En la actualidad, la mayoría de los viveros de plantas nativas están ubicados a grandes distancias, a menudo a cientos o incluso miles de kilómetros de los sitios de plantación de sus clientes. Esta es una particularidad de los viveros que producen en contenedor debido a que, tan lejana como la ubicación de la fuente de semillas apropiada que se usa para la producción, las plantas de alta calidad pueden ser desarrolladas en invernaderos con un ambiente de crecimiento ideal, ubicado también, en sitios lejanos. Sin embargo, a medida que aumenta la distancia del vivero a los sitios de plantación, mayor será la necesidad de almacenamiento.

7.4.1.2 Diferencias entre la época de cosecha en el vivero y la época de plantación

Como se mencionó en la sección previa, los viveros que producen en contenedor son comúnmente localizados en climas diferentes de aquellos dónde se localizan sus clientes. En las zonas montañosas esto es especialmente cierto, debido a que los viveros están comúnmente localizados en valles, a bajas altitudes, que tienen una variedad climática diferente a los sitios de plantación a altas altitudes. Las diferencias entre la época de cosecha y de la plantación también dependerán de la temporada de plantación. Si los clientes realizarán la plantación durante el verano o el otoño, entonces sólo será necesario un almacenamiento de corto plazo. Sin embargo, es común que las mejores condiciones para la plantación se presentan durante la siguiente primavera, por lo cual, es necesario proteger a las plantas durante el invierno.



Figura 7.4.1 Los primeros viveros forestales no requerían instalaciones de almacenamiento, ya que las plantas eran transportadas y plantadas en pocos días. Observe que los trabajadores están sentados sobre las pacas de la producción del vivero.

7.4.1.3 Facilitando la cosecha y el transporte

La gran cantidad de plantas que producen los viveros en la actualidad significa que es físicamente imposible cosechar, clasificar, procesar y transportar la producción, en un corto periodo de tiempo. Por lo tanto, el primer beneficio de las instalaciones de almacenamiento es que éstas ayudan a extender la programación y el procesamiento durante la cosecha y transporte.

7.4.1.4 El almacenamiento refrigerado como herramienta de cultivo

Muchos productores no aprecian el hecho de que el almacenamiento refrigerado puede ser usado para manipular la fisiología de una gran variedad de plantas. Las temperaturas de almacenamiento frío pueden satisfacer parcialmente los requerimientos de horas frío para la dormancia de la producción, por ello el almacenamiento refrigerado ha demostrado mejorar la calidad de la planta (Ritchie, 1989). Se encontró que plantas de *Pseudotsuga menziesii* clasificadas como Clase 2, gradualmente incrementaron su calidad a Clase 1 mientras estuvieron en almacenamiento (Figura 7.4.2). Por otra parte, las plantas con patrones de dormancia atípica no se vieron beneficiadas con el almacenamiento refrigerado. Plantas de *Quercus nigra* almacenadas en frío no parece que hayan prolongado la dormancia, incrementado la resistencia al estrés o mejorado su desempeño en la plantación (Goodman *et al.*, 2009). Una completa discusión sobre la dormancia y otros aspectos de la calidad de planta se pueden encontrar en el Capítulo 7.2.

7.4.2 Almacenamiento a corto plazo para la plantación en verano u otoño – “Plantación caliente”.

La producción en contenedor que será plantada durante el verano o el otoño, no tiene una dormancia plena, o una gran resistencia al estrés, por lo cual requerirá de una consideración especial. El término “plantación caliente” es usado para describir este tipo de operación, ya que no se emplea una extensión de periodo mediante el almacenamiento refrigerado. Las plantas son comúnmente colocadas en estructuras de endurecimiento, las cuales usualmente son casas sombra o instalaciones al aire libre, hasta que éstas son llevadas a campo (Figura 7.3.3A). En el sur de los Estados Unidos, la producción en contenedor para una “plantación caliente” es almacenada en vehículos enfriados o refrigeradores, a una temperatura de 4 a 21°C (40 a 70°F) por no más de una semana (Dumroese y Barnett, 2004).

Investigaciones recientes han demostrado que la producción de viveros que no presenta un estado de dormancia, pueden desarrollarse bien cuando son establecidas en una “plantación caliente” (Helenius *et al.*, 2005). La producción de *Picea abies* en contenedor que presentaba tanto crecimiento activo como un periodo de almacenamiento frío, fue sometida a periodos incrementales de estrés hídrico. Las plantas sin dormancia que fueron establecidas como “plantación caliente”, tuvieron un crecimiento significativo de nuevas raíces emergiendo del cepellón (“salida de raíz”), que aquellas que provenían de un almacenamiento bajo frío, durante las dos primeras semanas posteriores a la plantación (Figura 7.4.3B).

La “plantación caliente” puede ser exitosa durante el verano y el otoño, cuando son ideales las condiciones en el sitio de plantación. Este sistema ofrece mucha flexibilidad ya que las plantas pueden ser colocadas en el vivero y transportadas a medida que son requeridas. En el sitio de plantación, la producción debe ser almacenada en forma vertical y mantenida bajo sombra. El uso de cajas de color blanco ayuda a reflejar la luz y mantener baja la temperatura

dentro de la caja (Kiiskila, 1999). La “plantación caliente” requiere una estrecha coordinación entre el vivero y el cliente, por lo tanto, los proyectos son usualmente cercanos al vivero, y relativamente pequeños.

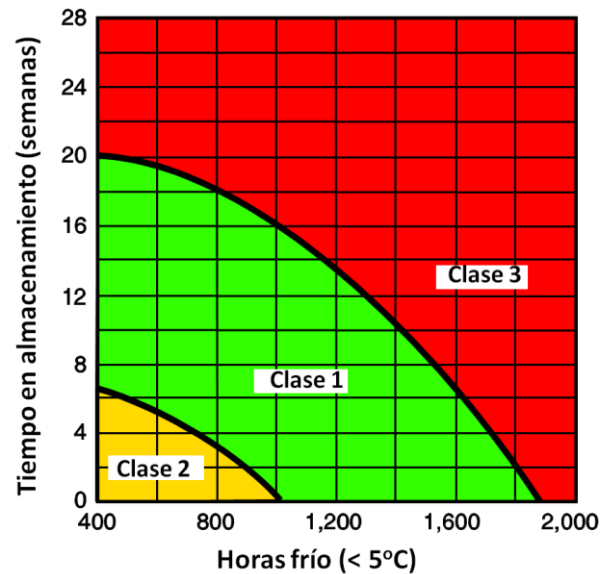
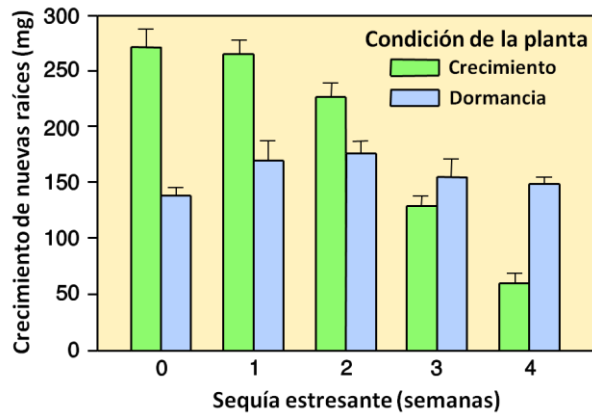


Figura 7.4.2 El almacenamiento refrigerado puede cumplir parcialmente los requerimientos de horas frío de la producción del vivero y, para el caso de *Pseudotsuga menziesii*, ha incluso demostrado mejorar la calidad de la planta – movimiento de la zona amarilla a la verde (modificado de Ritchie, 1989).



A



B

Figura 7.4.3 Dado que la producción para una “plantación caliente” no tiene dormancia o resistencia al estrés, es colocada en el área de endurecimiento hasta su transporte (A). En ensayos de investigación, las plantas de *Picea* establecidas como “plantación caliente”, tuvieron un mejor crecimiento de nuevas raíces en las primeras dos semanas después de la plantación, comparadas con la producción que fue almacenada en frío (B, modificado de Helenius *et al.*, 2005).

7.4.3 Almacenamiento durante el invierno

La importancia del adecuado almacenamiento de la producción durante el invierno es a menudo pasado por alto, por los encargados novatos de los viveros, ya que se enfocan ante todo en el crecimiento del cultivo. Las plantas frecuentemente son dañadas y algunos cultivos se han perdido completamente como resultado de un mal diseño o manejo del almacenamiento durante el invierno (Figura 7.4.4A). Aunque las plantas muertas son dramáticas, lo que es más malicioso es el daño sub-letal en el cual las raíces son seriamente dañadas (Figura 7.4.4B). Desafortunadamente, las plantas dañadas sub-letalmente no desarrollan a menudo síntomas de daño bajo las condiciones ideales del vivero; en cambio, el daño es reflejado en un bajo nivel de supervivencia y crecimiento en el sitio de plantación. El riesgo para un daño durante el invierno es muy alto, dependiendo de las condiciones fisiológicas de las plantas durante el almacenamiento (discutido en el Capítulo 7.3) y de las técnicas y condiciones apropiadas de almacenamiento.

7.4.3.1 Diseño y ubicación de las instalaciones para el almacenamiento

El momento para pensar primero sobre las instalaciones para el almacenamiento de la planta es durante la fase de desarrollo del vivero, pero, desafortunadamente a menudo esto no se realiza. El diseño y ubicación del sistema de almacenamiento depende de los siguientes cuatro factores.

El clima general en el vivero. Mucha gente piensa que el almacenamiento durante el invierno sería más difícil conforme uno va más al norte o a elevaciones más altas, pero esto no siempre es el caso. Los viveros en el medio oeste o en el sur, en las regiones de las grandes planicies de los Estados Unidos, en ocasiones son un mayor reto, debido a las extremas fluctuaciones climáticas durante el invierno (Davis, 1994). Un caso extremo es la vertiente del este, de las Montañas “Cascade” o Montañas Rocallosas, donde las temperaturas pueden variar tanto como 22°C (40°F) o más, en un

periodo de 24 horas, donde son comunes los vientos fuertes y secos durante el invierno, y principios de la primavera. En un vivero en Alberta, un estudio por 5 años sobre la calidad de la planta en instalaciones a cielo abierto, documentó un daño recurrente y mortalidad, debido a las heladas tardías y periodos cálidos inusuales a finales del invierno (Dymock, 1988). Esto también puede dificultar el almacenamiento de la producción en contenedor en áreas tales como el suroeste de los Estados Unidos, donde el invierno es caracterizado por muchos días claros y soleados. Por lo tanto, cada vivero debe desarrollar un sistema de almacenamiento apropiado para el clima local.

Características de la producción del vivero.

Algunas plantas son más fáciles de almacenar que otras, por lo cual, los sistemas de almacenamiento deberán coincidir con las especies de plantas que se producen. Las especies que tienden a pasar bien el invierno son aquellas que han conseguido una dormancia profunda y pueden resistir bajas o fluctuantes temperaturas. Las plantas deciduas tienen una ventaja definida por la carencia de follaje, cuando la latencia reduce la posibilidad de desecación durante el invierno. Las especies perennes son propensas a ambas, al daño por frío y a la pérdida de humedad, y en las especies perennes de hoja ancha es particularmente un problema. Las especies y ecotipos de las áreas costeras que nunca han sido expuestas al frío, tienden a ser menos resistentes, que aquellas de áreas del interior. Esto genera un verdadero reto para los viveros que producen lotes de semillas de un amplio rango de elevaciones. Por ejemplo, fuentes costeras de *Pseudotsuga menziesii* tienden a crecer al final de la temporada, y son mucho menos resistentes que los lotes de semilla de altas elevaciones en las montañas. En climas tropicales y semitropicales las plantas nunca adquieren una verdadera dormancia y pueden ser plantadas casi en cualquier época del año.

Todas las plantas de climas templados y árticos pasan a través de un ciclo de crecimiento y dormancia (ver Capítulo 7.2). En los viveros, las plantas son cultivadas a través de un proceso acelerado de crecimiento que debe terminar antes de que éstas puedan ser plantadas; éste es el periodo de endurecimiento. En el Volumen 6 se discutieron formas en las cuales los productores pueden endurecer su producción y prepararlas para el almacenamiento. Las plantas que tienen un dormancia total y que son resistentes al frío, están en el estado fisiológico ideal para el almacenamiento durante el invierno. Las plantas resistentes y en dormancia pueden pensarse como si estuvieran en un estado de “animación suspendida”. Éstas siguen respirando y se presenta una mínima división celular, tanto en el tallo como en las raíces (ver Figura 7.2.35 en el Capítulo 7.2); especies perennes pueden incluso fotosintetizar durante periodos favorables en el invierno. El reto para los encargados de los viveros es diseñar y manejar un sistema de almacenamiento para mantener sus plantas almacenadas bajo dormancia, a la vez que las protegen del estrés.

Distancia a los sitios de plantación. Los viveros ubicados cerca de los sitios de plantación pueden ser capaces de plantar su producción con poco, o sin almacenamiento. Sin embargo, a medida que las distancias incrementan, son requeridos algunos tipos de instalaciones para el almacenamiento. Dado que éstos producen planta de elevaciones muy variadas con diferentes épocas de plantación,

los viveros de la empresa Weyerhaeuser en Óregon y Washington, usan almacenamiento en congelación, donde las plantas pueden ser mantenidas por un periodo de hasta 6 meses (Hee, 1987). El vivero J. H. Stone del Servicio Forestal de los Estados Unidos, en el sur de Óregon, ha producido coníferas con fines comerciales para clientes a lo largo de la costa oeste, aunque aquellas de altas elevaciones en Idaho requieren un manejo especial y, por lo tanto, se incurre en un mayor costo que aquellas de clientes locales. Por otra parte, los clientes de la zona forestal de la costa de Óregon pueden plantar a lo largo del invierno y además, recibir sus plantas con un mínimo almacenamiento.

Número y tamaño de las plantas a ser almacenadas. Como ya se ha mencionado, los viveros grandes enfrentan un gran reto para procesar su producción, y los sistemas de almacenamiento ayudan proporcionando una amortiguación (buffer). Además, la producción en contenedores grandes requiere consideraciones especiales de almacenamiento. Por ejemplo, es relativamente fácil almacenar una gran cantidad de plantas en cavidades de 66 cm³ (4 in³) bajo refrigeración, pero el mismo número de plantas en cavidades de 328 cm³ (20 in³) requerirán cuatro veces más de espacio. Una producción grande, como la de contenedores de 20 l (5 gal) requerirán demasiado espacio en el almacenamiento refrigerado, y por ello deberá ser almacenada con otros medios.

Figura 7.4.4 Cultivos completos de plantas sin endurecimiento se han perdido debido a temperaturas congelantes repentinas, cuando fueron almacenados de manera inapropiada (A). Los daños subletales, tales como los daños por frío a las raíces (B), son una gran preocupación dado que los síntomas foliares son mínimamente desarrollados en un vivero bajo condiciones sin estrés.



A

B

7.4.4 Sistemas de almacenamiento no refrigerados

Las especies de plantas nativas tienen distintos requerimientos para el almacenamiento durante el invierno. Debido a esto y a la presencia de un clima local único, comúnmente son usados en los viveros forestales y de conservación, 4 diferentes tipos de almacenamiento. La mayoría de los viveros usan comúnmente varios tipos de almacenamiento. Tres de estos tipos de almacenamiento durante el invierno evitan la refrigeración y serán discutidos en esta sección; el cuarto tipo de almacenamiento con refrigeración, es discutido en la Sección 7.4.5.

7.4.4.1 Almacenamiento a cielo abierto

El almacenamiento a cielo abierto es la opción más barata pero más riesgosa, en áreas con temperaturas congelantes. Esto es especialmente cierto en las producciones de contenedor con volúmenes pequeños, las cuales tienen menos masa térmica en el substrato, para proteger de la congelación a las raíces sensibles. Además, al tener mayor masa térmica, los contenedores grandes también contienen más humedad que los protege de la desecación en el invierno. Por lo tanto, entre más pequeño sea el contenedor mayor será el riesgo de daño.

La mejor ubicación para el almacenamiento a cielo abierto será donde exista alguna protección del viento y donde el agua y el aire frío puedan manejarse. La grava y/o baldosas deben ser usadas para promover el drenaje del agua de lluvia o del deshielo de la nieve en la primavera. Contenedores integrados en paquetes firmes sobre el suelo y aislados en su perímetro con pacas de paja o montículos de aserrín, hacen posible el uso del calor almacenado en el suelo para proteger las raíces de las plantas (Figura 7.4.5A). Una investigación en Suecia mostró la importancia de agrupar los contenedores de las plantas y colocarlas directamente sobre el suelo (Lindstrom, 1986). Las temperaturas en la periferia de los contenedores fueron consistentemente menores que en aquellos en

el interior, por hasta 3°C (5.4°F), y fluctuando grandemente. Al final del periodo invernal, las plantas fueron colocadas en una cámara de crecimiento para observar su desempeño; aquellas almacenadas directamente en el suelo tuvieron mucho mayor crecimiento del tallo y raíz, que las almacenadas sobre tarimas que estuvieron 10 cm (4 in) arriba del nivel del suelo (Figura 7.4.5B). Para evitar que las raíces de las plantas crezcan hacia el suelo, los viveros pueden cubrir toda el área donde se ubica la producción almacenada a cielo abierto, con cubiertas plásticas pesadas o telas tratadas con cobre, para podar químicamente las raíces (Figura 7.4.5C).

El almacenamiento a cielo abierto es más exitoso en los climas forestales más al norte, donde los árboles adyacentes crean tanto sombra como una barrera rompe-vientos, aunque puede esperarse una continua cubierta de nieve. Si no es posible una cubierta arbórea, las plantas deben almacenarse en estrechas bahías orientadas de Este a Oeste, dentro de barreras verticales contra la nieve (Figura 7.5.4D). La nieve es un aislante natural ideal para las plantas en contenedor que serán almacenadas, aunque no es seguro mantener una cubierta completa y continua. Algunos viveros del norte han tenido éxito con la generación de cubiertas de nieve mediante equipos para la fabricación de nieve (Davis, 1994) (Figura 7.4.5E).

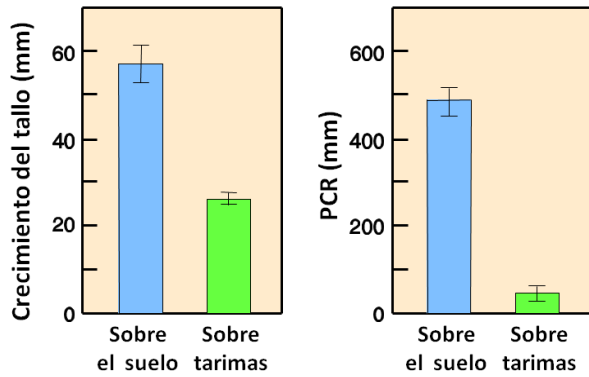
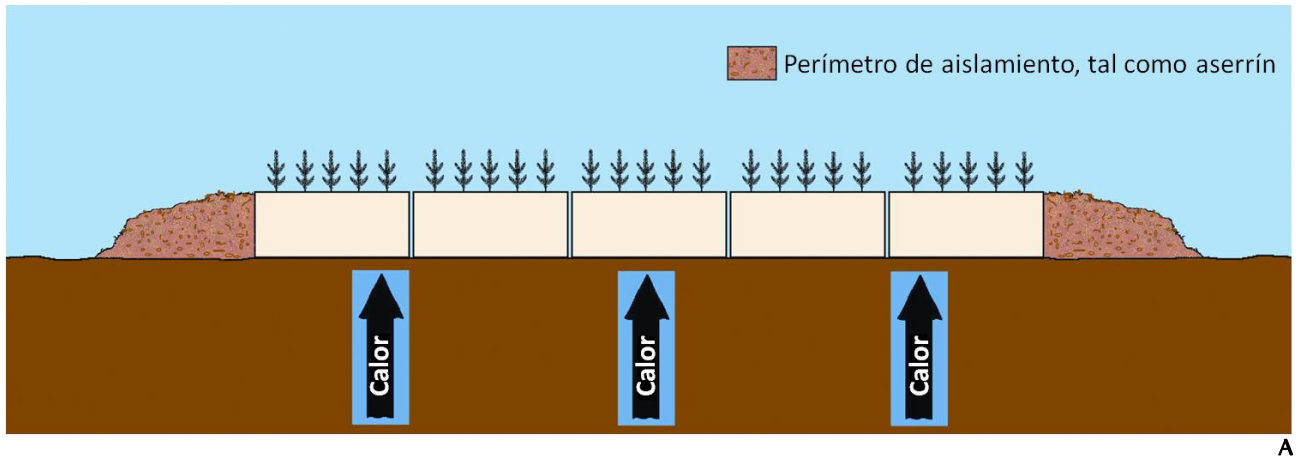


Figura 7.4.5 El almacenamiento a cielo abierto puede ser efectivo cuando las plantas son agrupadas en bloque sobre el suelo y rodeadas con un aislante (A). Tanto el crecimiento potencial del tallo y de la raíz, de las plantas almacenadas sobre el suelo, fueron mucho mayores que aquellas almacenadas sobre tarimas (B). Telas tratadas con cobre, como las Tex-R® (C) son ideales para el almacenamiento sobre el suelo, dado que químicamente previenen que el crecimiento de las raíces se realice hacia el suelo. Las plantas almacenadas a cielo abierto deben ser protegidas del sol directo y del viento mediante cercas contra la nieve, naturales o artificiales (D). La nieve es un excelente aislante y los viveros del norte han aumentado las nevadas naturales, mediante equipo para fabricar nieve artificial (E) (B, modificado de Lindstrom, 1986; C, cortesía de Stuewe & Sons, Inc.; E, cortesía de Maurice Dionne).

7.4.4.2 Sistemas de almacenamiento sin estructura.

Después del almacenamiento a cielo abierto, el sistema de almacenamiento sin estructura es la forma más barata y simple de almacenar la producción en contenedor. El término “sin estructura” significa que las plantas son encerradas con una cubierta protectora que carece de un mecanismo substancial de soporte. Han sido utilizadas una gran cantidad de tipos de cubiertas aunque el principio básico es el mismo – proporcionar protección y una cubierta de aislamiento sobre las plantas almacenadas. Nunca debe usarse plástico transparente ya que éste transmite la luz solar, por lo que las temperaturas dentro del área de almacenamiento pueden alcanzar niveles dañinos o provocar que la producción pierda la dormancia. Todas las cubiertas plásticas eventualmente serán foto-degradadas por la luz solar, por lo cual deberán almacenarse en lugares secos y oscuros cuando no se usen (Green y Fuchigami, 1985). Cualquier sistema de almacenamiento sin estructura es efectivo sólo si se aplica después de que las plantas han desarrollado suficiente endurecimiento, y lo más importante, ser removidas antes de que pierdan su dormancia en la primavera.

Cubiertas plásticas blancas. Películas individuales, como las hojas blancas plásticas del copolímero 4-mil, son las cubiertas más comunes en los sistemas sin estructura. El color blanco es preferido ya que refleja la luz solar y mantiene las temperaturas dentro de la instalación. Algunos productores agrupan en bloques los contenedores, y después los cubren con plástico blanco (Figura 7.4.6). Sin embargo, esto es menos efectivo que agrupar los contenedores en el piso para obtener la ventaja del calor almacenado en el suelo (Figura 7.4.5A).

Cubiertas y paneles blancos de Styrofoam®. Microfoam® es un material permeable muy parecido al poliestireno expandido (espuma de poliestireno), que es ligero, reutilizable, de fácil remoción y almacenamiento. Está disponible en rollos u hojas de diferentes anchos, largos y

grosos (Figura 7.4.7A). Las cubiertas pueden ser colocadas directamente sobre las plantas (Figura 7.4.7B) o soportadas de postes o cables. Debido a que el Microfoam® es demasiado ligero, éste requiere ser bien asegurado de forma que no se desgarre o vuele del lugar durante las tormentas de viento. Comúnmente, las cubiertas de espuma son aseguradas alrededor de los bordes con bloques de concreto, tablonces de madera o montículos de arena. En un ensayo exhaustivo realizado en Ontario, las cubiertas de Styrofoam SM® se usaron para proteger plantas de coníferas, de temperaturas por debajo de los -30°C (-22°C) con un ahorro significativo en costo, comparado con el almacenamiento refrigerado (Figura 7.4.7C). Los autores recomendaron remover las cubiertas aislantes durante las condiciones climáticas cálidas, para permitir que la condensación se libere y prevenir un sobrecalentamiento de la producción, que se encuentra cercana al suelo. Ensayos subsecuentes en plantaciones produjeron resultados casi idénticos en la supervivencia y crecimiento (Figura 7.4.7D) (Whaley y Buse, 1994). Sin embargo, en otras pruebas, una cubierta de Microfoam® en ausencia de una nevada segura, no proporcionó la suficiente protección en los climas severos del norte de Minnesota y Dakota del Norte (Mathers, 2004). Al igual que con todas las nuevas tecnologías, los viveros que consideran la instalación de cubiertas deben instalar pequeños ensayos antes de intentar un uso operacional.



Figura 7.4.6 El plástico blanco refleja el calor de los rayos del sol, pero por sí mismo, no tiene un valor aislante; por ello, es mejor dejar los contenedores sobre el suelo.

Cubiertas plásticas Bubble-Wrap®. Este material tiene un mejor aislamiento que las cubiertas plásticas regulares, y se ha reportado ser barato y más durable que las cubiertas de Microfoam® (Barnes, 1990). Sin embargo, debido a que es claro, la acumulación de calor seguirá siendo un problema en los días soleados.

Mallas contra heladas. Las mallas para jardín, tejidas y no tejidas han sido utilizadas para el esquema de almacenamiento sin estructuras. Las mallas de color blanco retardan el calentamiento solar mientras que permiten la infiltración del agua de lluvia o de la nieve descongelada; estas permiten “respirar” a las plantas almacenadas. Los proveedores hortícolas ofrecen mallas contra heladas en rangos de pesos y grosor, proporcionando de 2 a 4.5 °C (4 a 8 °F) de aislamiento térmico. Arbor Pro® es un material parecido al fieltro que ha sido utilizado con éxito para el almacenamiento de coníferas en el este de Canadá (White, 2004).

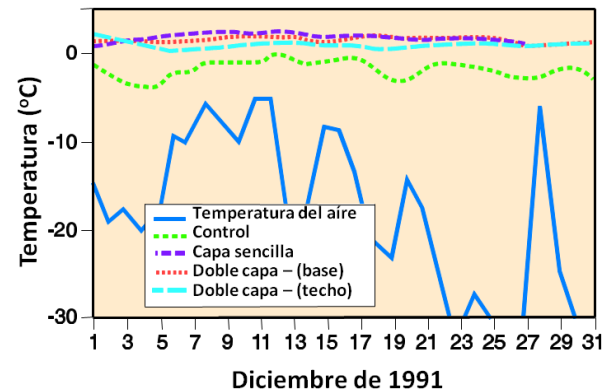
Cubiertas plásticas con una capa de material aislante. En los climas severos del norte que carecen de una cubierta confiable para la nieve, algunos viveros cubren su producción en contenedor con un “sándwich” de paja u otros materiales aislantes, entre dos capas de cubiertas plásticas claras. Dado que el plástico claro y la paja absorben calor solar en días claros y fríos, además de que la paja proporciona aislamiento durante la noche, estas capas proporcionan mayor protección durante el invierno comparado con otros sistemas sin estructura (Mathers, 2003). Aunque las cubiertas proporcionan un buen aislamiento, éstas no pueden ser removidas o ventiladas durante periodos de clima invernal soleados y cálidos.



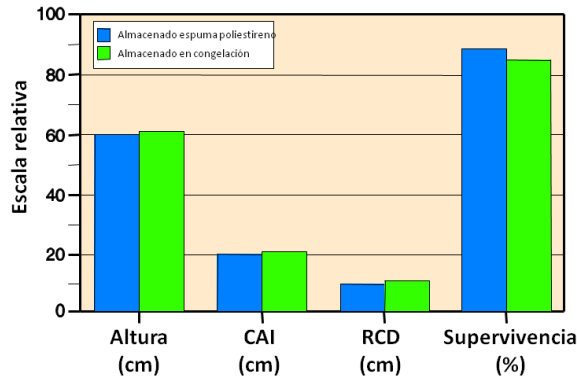
A



B



C



D

Figura 7.4.7 Las hojas de espuma plástica Microfoam® genera una excelente cobertura de almacenamiento (A). Muchos viveros ornamentales agrupan sus contenedores sobre el suelo y los cubren con Microfoam®. Cuando son diseñadas y aplicadas de manera correcta, las cubiertas Styrofoam® protegieron la producción de coníferas tan bien como el almacenamiento refrigerado (C y D) (B, cortesía de Richard Regan; C y D, modificado de Whaley y Bause, 1994).

Para los viveros que están considerando almacenar su producción con cubiertas o en túneles plásticos, Green y Fuchigami (1985), proveen costos para varios sistemas.

7.4.4.3 Estructuras de almacenamiento.

El siguiente nivel de sofisticación y costo son las estructuras de almacenamiento las cuales van desde estructuras tradicionales para el frío, hasta unidades completamente controladas.

Estructuras frías. El término “estructura fría” es un nombre tradicional para las estructuras de propagación que reciben su calor sólo a través de la luz solar absorbida. Sin embargo, cuando están aisladas y protegidas de la luz solar directa, las estructuras frías pueden ser una alternativa de bajo costo para el almacenamiento durante el invierno. En Alberta y Alaska las estructuras frías construidas con tableros laterales de madera y cubiertas con paneles rígidos de Styrofoam®, han probado ser efectivos para las plantas de coníferas que se almacenarán (Figura 7.4.8A). El uso de estructuras frías aisladas han dado como resultado un incremento significativo de la supervivencia de la planta en el vivero

Weldwood en Alberta (Matwie, 1991). Las estructuras frías construidas de tarimas de madera soportadas por bloques de cemento y cubiertas con plástico blanco poli-capa, son consideradas el sistema de almacenamiento más rentable para plantas de coníferas, en un vivero en el Este de Canadá (White, 2004).

Las estructuras frías toman la ventaja del calor almacenado en el suelo y la cubierta aislante retarda la pérdida de calor y lo más importante, previene la desecación invernal. Para ser más efectivas, las plantas deben ser colocadas en las estructuras frías tan pronto como éstas se hayan endurecido y antes de que el suelo se congele. La acumulación de calor puede llegar a ser un problema durante los periodos cálidos o soleados en el invierno y, en estas ocasiones, el panel aislante superior puede ser removido para la ventilación y para permitir el riego (Figura 7.4.8B). Tan pronto como las condiciones climáticas lo permitan en la primavera, las cubiertas de las estructuras frías deberán ser removidas para prevenir la acumulación de calor y la subsecuente pérdida de la dormancia de la yema.

El vivero Juniper Tree en New Brunswick utiliza grandes y sofisticadas estructuras frías para almacenar su producción (Figura 7.4.8C). Las cubiertas tipo acordeón pueden ser extendidas para proteger las plantas de temperaturas congelantes o vientos secos (Figura 7.4.8D), o abiertas durante una fuerte nevada (Figura 7.4.8E). Aunque son caras de construir, éstas son mucho más baratas que el almacenamiento refrigerado (Brown, 2007).

Estructura tipo campana y casas de polietileno. Estas dos estructuras de almacenamiento son similares excepto por su longitud; la estructura tipo campana es corta y no permite acceso a los trabajadores, mientras que la casa de polietileno comúnmente tiene puertas en los extremos. Ambas son construidas de madera o estructuras tubulares, cubiertas con películas de plástico blanco (Figura 7.4.9A) o con un panel de Microfoam® colocado entre dos capas de plástico (Figura 7.4.9B). Los extremos de estas estructuras

están abiertos para el enfriamiento durante los periodos cálidos y soleados en el invierno (Figura 7.4.9C). Aunque una capa sencilla de polietileno blanco es adecuada para la protección en climas templados, una doble capa de plástico blanco que es inflada mediante un pequeño ventilador, proporciona mejor aislamiento en localidades frías. En lugares con temperaturas frías por debajo de -18°C (0°F), las plantas que son almacenadas en casas de polietileno requieren de una protección adicional con un polietileno blanco o una manta de Microfoam® (Perry, 1990). En climas templados, los productores suministran sólo el calor suficiente en sus casas de polietileno para mantener la temperatura ambiente sólo por arriba del punto de congelación; este enfoque ha probado ser efectivo para el almacenamiento de una amplia variedad de plantas nativas en Colorado (Mandel, 2004).

Si es posible, tanto las estructuras en forma de campana como las casas de polietileno deben ser orientadas de sur a norte para minimizar y equilibrar el calor solar. En las estructuras orientadas de este a oeste, las plantas del lado sur reciben más luz y calor que aquellas del lado norte y podrán requerir riego durante el invierno. Cualquier estructura de almacenamiento cerrada requiere ser monitoreada cuidadosamente durante el invierno, para determinar si es necesaria la ventilación en días soleados durante el invierno y principios de la primavera (Figura 7.4.9C).

La ventilación puede también ser proporcionada mediante la apertura de las puertas de los extremos o mediante la instalación de un ventilador controlado termostáticamente en uno de sus extremos, y con persianas de admisión, en el otro. Para prevenir la desecación, el montaje de ventiladores y persianas en la parte superior de las estructuras donde se acumula el calor, será lo mejor.



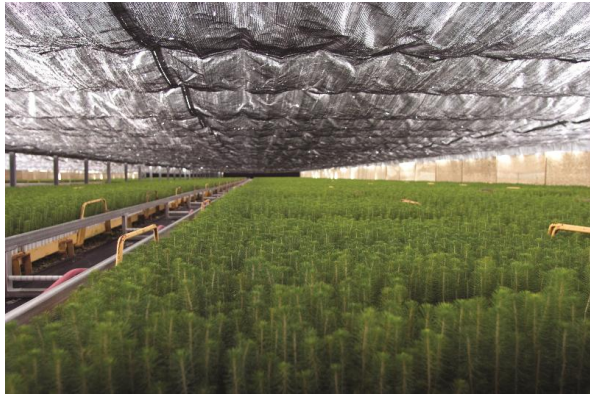
A



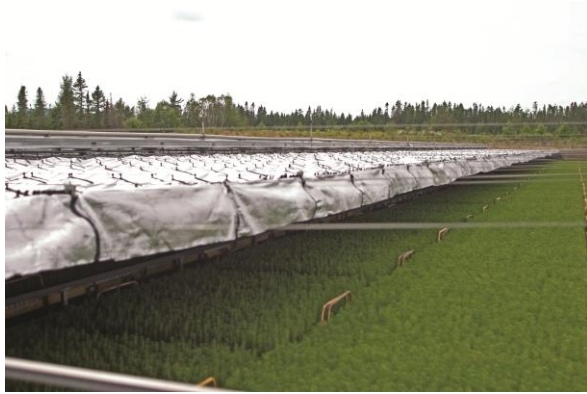
B



C



D

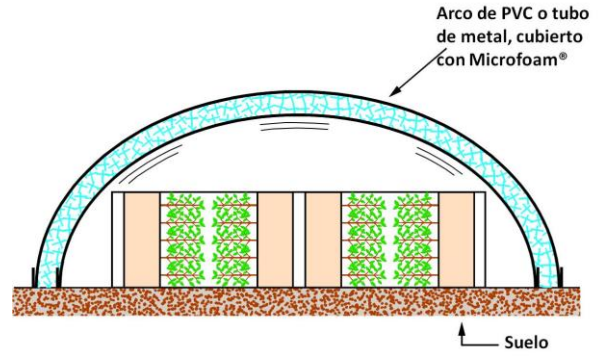


E

Figura 7.4.8 Las estructuras frías de madera y hojas rígidas aislantes de Styrofoam® han sido usadas para almacenar durante el invierno la producción en contenedor, en los climas del norte (A). Cuando las condiciones climáticas lo permiten, la cubierta superior aislante es removida de forma tal que las plantas pueden ser irrigadas (B). Las estructuras frías pueden ser extensas (C) y automatizadas, para proteger las plantas durante las temperaturas congelantes (D), o retráctiles durante fuertes nevadas (E) (A y B, cortesía de Larry Matwie; C, D y E, cortesía de J.D. Irving, Limited).



A



B



C

Figura 7.4.9 Las estructuras tipo campana y las casas de polietileno son estructuras simples para el almacenamiento durante el invierno que son cubiertas con plástico blanco (A) o con paneles de Microfoam® (B). Los extremos o los lados son abiertos para la ventilación durante los climas invernales cálidos y soleados (C).

Casas sombra. Las casas sombra son las estructuras tradicionales para el endurecimiento que han sido incluso usadas para almacenar la producción de todo tipo de tamaños de contenedor (Figura 7.4.10A). Éstas son particularmente útiles para la producción en contenedores grandes que requieren mucho espacio en el almacenamiento refrigerado. Contenedores altos, como los Treepots® requieren ser soportados, por lo cual los viveros han desarrollado sistemas de sostén con alambres gruesos. Algunos viveros usan bloques de cemento para sostener los “paneles de producción” prefabricados que pueden ser adquiridos en las tiendas de suministros para los ranchos y granjas (Figura 7.4.10B).

El diseño de la casa sombra varía con el clima del vivero y su ubicación. Donde no son comunes las temperaturas frías prolongadas, las plantas pueden ser almacenadas bajo toldos o tejados. En los climas húmedos es deseable un techo impermeable para el almacenamiento durante el invierno, que permita prevenir una excesiva lixiviación de nutrientes de los contenedores. En áreas que reciben fuertes nevadas, las casas sombra deberán ser significativamente más fuertes que las estructuras de almacenamiento temporal. Otra opción es remover la cubierta de sombra durante el invierno para permitir que la nieve caiga al interior y pueda aislarse el cultivo. La nieve seca y ligera no dañará las plantas y de hecho, sirve como un excelente aislante sobre el cultivo.

La típica casa sombra para el almacenamiento durante el invierno tiene malla tanto en el techo como en los laterales, a fin de proteger la planta del clima adverso, tal como fuertes vientos, lluvias intensas, granizo y fuertes nevadas. El almacenamiento con casas sombra reduce la temperatura de las plantas que se encuentran dentro, en aproximadamente 30 a 50%, comparándolas con aquellas que están a la luz directa del sol. Esta sombra y la reducción significativa de la velocidad del viento disminuye la pérdida de agua por la transpiración; esto previene la “quemazón” conocida como desecación invernal. Para proteger las raíces sensibles, las plantas son agrupadas en bloques sobre el suelo, rodeándolas con un material aislante como el aserrín o paneles de Styrofoam® (Figura 7.4.10C).



A



B



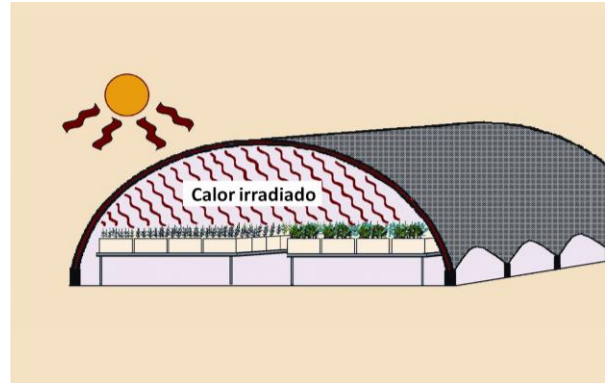
C

Figura 7.4.10. Las casas sombra son las estructuras tradicionales que pueden ser usadas para el endurecimiento y después, para almacenar la producción durante el invierno (A). Éstas son particularmente útiles para los cultivos de planta de mayor porte, las cuales deben ser soportadas por estantes metálicos (B). Antes de que se presenten las temperaturas congelantes, los contenedores deben ser agrupados en bloques sobre el piso, rodeando su perímetro con un material aislante para proteger las raíces (C).

Invernaderos. Las plantas muy sensibles tales como los esquejes recién enraizados pueden ser almacenadas durante el invierno en un invernadero con un calor mínimo, a fin de mantener las temperaturas del aire por encima del punto de congelación. Sin embargo se debe enfatizar que los invernaderos no deben ser considerados para el almacenamiento rutinario durante el invierno, especialmente en sitios con inviernos despejados y soleados (Figura 7.4.11A). Los invernaderos se calientan rápidamente durante los periodos de condiciones climáticas soleadas, provocando que las plantas pierdan rápidamente la dormancia (Figura 7.4.11B). Aunque los invernaderos sean ventilados, habrá gradientes considerables de temperatura durante las condiciones frías. En condiciones de nevadas, el calor debe ser usado para evitar que se acumule la nieve y pueda dañar la estructura (Figura 7.4.11 C). Por su parte, los invernaderos con techos retráctiles (Figura 7.4.11D) son excelentes para el almacenamiento durante el invierno, ya que el techo puede abrirse durante los días soleados para permitir la liberación del calor, y mantener la producción en dormancia. Durante las nevadas, el techo debe mantenerse abierto para permitir que las plantas sean cubiertas con una capa de nieve protectora.



A



B



C



D

Figura 7.4.11. Los invernaderos completamente cerrados no son adecuados para el almacenamiento durante el invierno, especialmente en climas con inviernos soleados (A y B). La remoción de la nieve es necesaria en climas fríos (C). Los invernaderos con techos retráctiles (D) son mejores para el almacenamiento durante el invierno, dado que éstos pueden abrirse para permitir la liberación del calor, y la caída de nieve sobre las plantas para generar una capa protectora.

7.4.5 Almacenamiento refrigerado

Los conceptos básicos de la refrigeración y del diseño del almacenamiento refrigerado fueron cubiertos en la Sección 1.3.5.4 del Volumen 1 de esta serie, por ello, en esta sección se enfocará en su uso desde el punto de vista operacional en los viveros forestales y de plantas nativas. El almacenamiento refrigerado se ha convertido en el estándar en muchos viveros forestales modernos, especialmente en el Pacífico Noroeste, y ha sido el centro de una gran cantidad de investigación sobre almacenamiento.

Los dos diferentes tipos de almacenamiento refrigerado utilizado en los viveros que producen plantas nativas son el almacenamiento frío y en congelación; éstos son diferenciados por sus temperaturas (Figura 7.4.12A) y la duración recomendada de almacenamiento (Cuadro 7.4.1). Plantas establecidas en campo que fueron monitoreadas cuando recuperaron su capacidad fotosintética, después de haber sido sometidas a un almacenamiento frío y en congelación, se encontró que las diferencias fueron mínimas (Figura 7.4.12B). Una revisión de la investigación sobre viveros y de la experiencia operativa mostró que el almacenamiento frío es mejor en un periodo de 2 meses o menor, mientras que el almacenamiento en congelación es recomendado para largos periodos. El almacenamiento frío es preferido cuando la producción del vivero es plantada durante el invierno. Por ejemplo, en los Estados del sur los periodos del almacenamiento frío varían de una semana o menos, a finales del verano u otoño, hasta periodos de tres meses (Dumroese y Barnett, 2004). Aunque no se ha publicado investigación sobre el tema, la experiencia práctica ha demostrado que muchos árboles y arbustos de hoja ancha se almacenan mejor en frío (Davis, 1994) (Figura 7.4.12B), y muchas otras plantas de especies nativas pueden ser también almacenadas de esta forma (Cuadro 7.4.2). Algunas especies tales como el *Juglans nigra* y *Cornus* spp., tienen serios problemas con la pudrición de la raíz en el

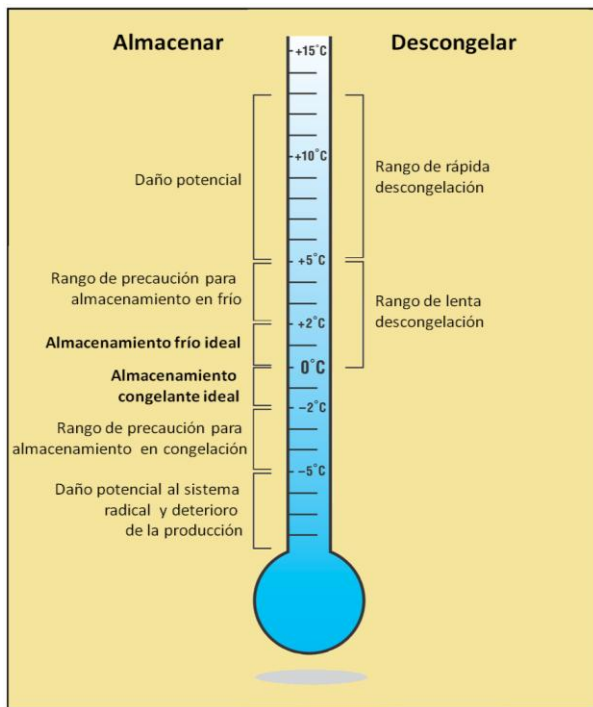
almacenamiento en frío. Sin embargo, existen considerables variaciones entre especies, por lo que no hay sustituto para la experiencia práctica.

El almacenamiento en congelación se ha convertido en el procedimiento operativo estándar para muchos viveros comerciales de coníferas (Hee, 1987; Kooistra, 2004), aunque es menos conocido sobre como otras plantas nativas toleran esto. Debido a que las reservas de carbohidratos disminuyen durante el almacenamiento en frío, el almacenamiento en congelación es recomendado para periodos mayores a 2 meses; aún así, de 6 a 8 meses parece ser el límite práctico para el almacenamiento en congelación (Ritchie, 2004). Aún y cuando las reservas de carbohidratos son mejor conservadas con el almacenamiento bajo congelación, la primera razón para elegir este tipo de almacenamiento es la reducida incidencia de los mohos en el almacén. Debido a que la congelación convierte toda el agua libre del contenedor del almacén a hielo, el desarrollo de hongos patogénicos como el moho gris (*Botrytis cinerea*) es retardada (Trotter *et al.*, 1992). Después del empacado, las plantas deben ser congeladas tan rápido como sea posible para minimizar la pérdida de carbohidratos y reducir la posibilidad del desarrollo del moho (Kooistra, 2004).

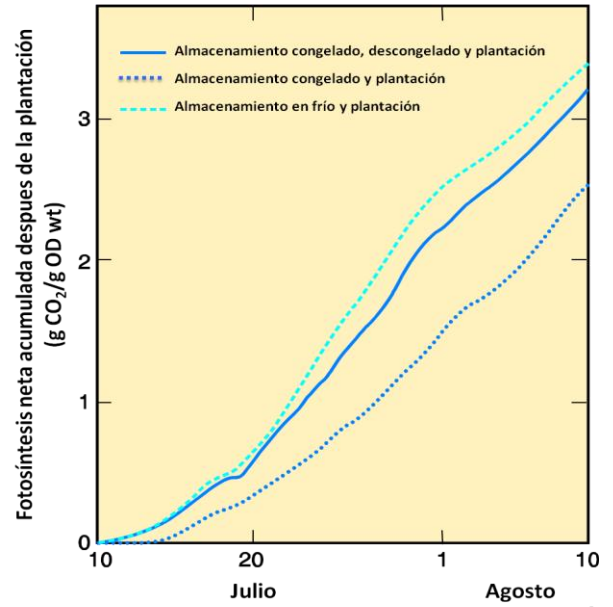
Para asegurar una buena circulación de aire en la unidad de almacenamiento, las cajas con la producción del vivero son cargadas sobre tarimas y después apiladas en estantes (Figura 7.4.13A) para mejorar el flujo del aire y prevenir la acumulación de calor. Furgones refrigerados (“reefers”) algunas veces son utilizados para almacenamiento temporal (Figura 7.4.13A), pero son propensos a averiarse y por lo tanto no son sustitutos de unidades de refrigeración bien diseñadas.

7.4.5.1 Fisiología de las plantas en el almacenamiento refrigerado.

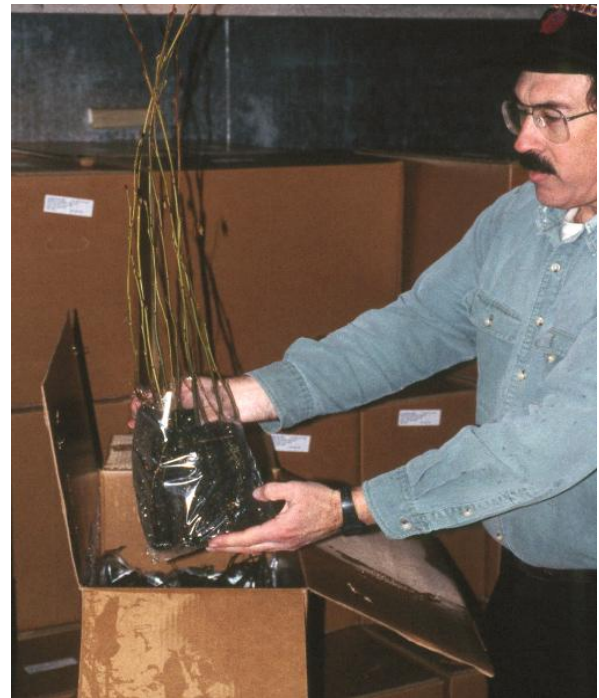
Aunque la refrigeración es la forma más cara para almacenar la producción del vivero, esta ofrece ventajas fisiológicas significativas sobre otros métodos. Como se mostró con anterioridad (Figura 7.4.2), el almacenamiento refrigerado puede incluso incrementar la calidad de las plantas. Camm *et al.* (1994) presentaron una excelente revisión sobre el tema aunque los autores no siempre distinguieron entre la producción a raíz desnuda y en contenedor. Ritchie (1987), es también una fuente de información. Más detalles sobre todos los aspectos de la calidad de la planta pueden ser encontrados en el capítulo 7.2.



A



B



C

Figura 7.4.12. La diferencia real de temperatura entre el almacenamiento frío y el de congelación es mínima (A), y estudios sobre la recuperación fotosintética de las plantas después de su establecimiento en campo mostraron pequeñas diferencias (B). Sin embargo, existen diferencias entre especies y la experiencia práctica mostró que algunos árboles y arbustos de hoja ancha tuvieron mejores resultados con el almacenamiento frío (C) (A, modificado de Paterson *et al.*, 2001; B, modificado de Mattsson y Troeng, 1986).

Cuadro 7.4.1 Comparación de los tipos de almacenamiento refrigeración.

Tipo de almacenamiento	Temperatura del interior	Tiempo recomendado de almacenamiento	Mejor tipo de empaque
Almacenamiento frío	1 a 2°C (33 a 36°F)	2 semanas a 2 meses	Bolsas de polietileno Kraft o Cajas de cartón
Almacenamiento congelado	-2 a -4 °C (30 a 35°F)	2 a 8 meses	Cajas de cartón con bolsas de plástico al interior

Cuadro 7.4.2 Plantas nativas no maderables almacenadas en el vivero Coeur d' Alene, varían con la especie y le época de plantación

Nombre científico	Nombre común	Empacado	Tipo de almacenamiento	Época de plantación
<i>Alnus rubra</i>	Aliso rojo	Extracción, embolsado y empacado	Congelación	Primavera
<i>Alnus sinuata</i>	Aliso	Extracción, embolsado y empacado	Congelación	Primavera
<i>Amelanchier alnifolia</i>	Fresa de Junio	Extracción, embolsado y empacado	Congelación	Primavera
<i>Arctosaphylos uva-ursi</i>	Gayuba	Extracción, embolsado y empacado	Frío	Primavera
<i>Arctosaphylos uva-ursi</i>	Gayuba	Almacenado en invernadero durante el invierno	Frío	Rebrote en primavera. Plantación en verano/otoño
<i>Ceanothus velutinus</i>	Ceanoto, Lila de California	Almacenado en invernadero durante el invierno	Frío	Rebrote en primavera. Plantación en verano/otoño
<i>Menziesia ferruginea</i>	Arándano de los tontos	Almacenado en invernadero durante el invierno	Frío	Rebrote en primavera. Plantación en verano/otoño
<i>Rosa woodsii</i>	Rosa silvestre	Extracción, embolsado y empacado	Congelación	Primavera
<i>Rosa woodsii</i>	Rosa silvestre	Extracción, embolsado y empacado	Frío	Primavera
<i>Rosa woodsii</i>	Rosa silvestre	Almacenado en invernadero durante el invierno	Frío	Rebrote en primavera. Plantación en verano/otoño
<i>Salix spp.</i>	Sauce	Extracción, embolsado y empacado	Congelación	Primavera
<i>Spirea betufoia</i>	Spirea blanca	Extracción, embolsado y empacado	Frío	Primavera
<i>Spirea douglasii</i>	Spirea rosa	Extracción, embolsado y empacado	Frío	Primavera
<i>Symphoricarpus albus</i>	Bolitas de nieve	Extracción, embolsado y empacado	Congelación	Primavera
<i>Xerophyllum tenax</i>	Hierba oso	Almacenado en invernadero durante el invierno	Frío	Rebrote en primavera. Plantación en verano/otoño

Dormancia. La mayor investigación se ha realizado sobre la dormancia de la yema y su intensidad, es medida en función de los días en que se gesta su rompimiento (DRY). Las temperaturas del almacenamiento refrigerado pueden satisfacer de manera parcial los requerimientos de horas frío de la producción en dormancia (Burr y Tinus, 1988), y después prolongar la liberación de la dormancia hasta principios de la primavera (Dunsworth, 1988). Varios estudios han probado que el almacenamiento en congelación es tan efectivo para la liberación de la dormancia, como el almacenamiento frío (Figura 7.4.14A), previendo que las plantas hayan alcanzado un cierto nivel de resistencia al frío antes del almacenamiento. En un estudio con *Picea glauca* (Harper *et al.*, 1989), la liberación de la dormancia continuo hasta por 6 meses, en un almacenamiento en congelación. Tanto el almacenamiento frío como el de congelación, mantienen por igual la dormancia, y el desempeño de la planta una vez establecida en campo parece ser similar. Por ejemplo, cuando las plantas de *Pinus sylvestris* que fueron almacenadas tanto en congelación como en frío, recuperaron su capacidad fotosintética y fueron medidas durante la primera estación después de su plantación, observándose pequeñas diferencias de su desempeño en campo (Mattsson y Troeng, 1986).

Resistencia al frío. Evidentemente, la producción del vivero debe ser resistente al frío para tolerar el almacenamiento durante el invierno, aunque la importancia operacional de la resistencia al frío es su relación con la resistencia a todos los factores de estrés. Las pruebas de resistencia al frío son utilizadas de manera rutinaria como un índice de almacenabilidad (ver el Capítulo 7.2). El cómo exactamente el almacenamiento refrigerado afecta el desarrollo o mantenimiento de la resistencia al frío es un cuestionamiento importante aunque desafortunadamente, ha sido publicada poca investigación con la producción de plantas en contenedor. En una prueba, plantas de *Picea* almacenadas en congelación, inicialmente ganaron una mayor resistencia al frío, aunque después perdieron

hasta la mitad de su endurecimiento hacia el fin de su periodo de almacenamiento (Figura 7.2.14B).

Resistencia al estrés. Este atributo de calidad refleja la tolerancia general de la planta a muchos factores de estrés físicos y fisiológicos durante la cosecha, almacenamiento, transporte y plantación. Una vez más, se ha realizado muy poca investigación con la producción en contenedor, aunque las plantas de *Pseudotsuga menziessi* almacenadas en refrigeración mostraron mejoramiento de la tolerancia a bajas temperaturas, desecación de raíz y estrés por el manejo (Ritchie, 1986).

Potencial de crecimiento de la raíz (PCR). Muchos estudios sobre el nuevo crecimiento de las raíces de las plantas bajo almacenamiento en refrigeración, muestran resultados variables sin una tendencia discernible. Por ejemplo, cuando las plantas de *Picea glauca* se removieron del almacenamiento bajo congelación a intervalos a lo largo del invierno, y fueron envasadas para observar el crecimiento de nuevas raíces, encontrando que el PCR se incrementó de 3 a 4 meses, decreciendo después (Figura 7.4.14C) (Harper *et al.*, 1989). Esto es concordante con Mattson y Lashikki (1988) quienes encontraron que el PCR de la producción en contenedor de *Larix sibirica* decreció después del cuarto mes del almacenamiento en refrigeración.

Reserva de carbohidratos. Después de que las plantas han sido cosechadas y colocadas en el almacenamiento obscuro refrigerado, éstas comienzan a utilizar la reserva de carbohidratos, aún en un almacenamiento en congelación (Figura 7.4.14D). Las reservas de carbohidratos son medidas como el total de carbohidratos no estructurados (CNE) en lugar de los carbohidratos estructurados, que no pueden ser utilizados como energía. Ritchie (2004) estimó que las plantas de coníferas contienen de 15 a 20% de peso seco de CNE cuando éstas son cosechadas, y decrece gradualmente durante el almacenamiento en refrigeración. Obviamente, a mayor tiempo de almacenamiento de las plantas bajo

refrigeración, menor reserva de energía tendrán para la supervivencia y crecimiento después de su plantación. Debido a la diferencia de las especies y a la amplia variación de las condiciones del sitio de plantación, el límite inferior para los CNE varía significativamente. Fuentes costeras de plantas de *Pseudotsuga menziesii* estuvieron en un nivel crítico cuando alcanzaron de 10 a 12% del total de su peso seco (Ritchie, 2004).



A



B

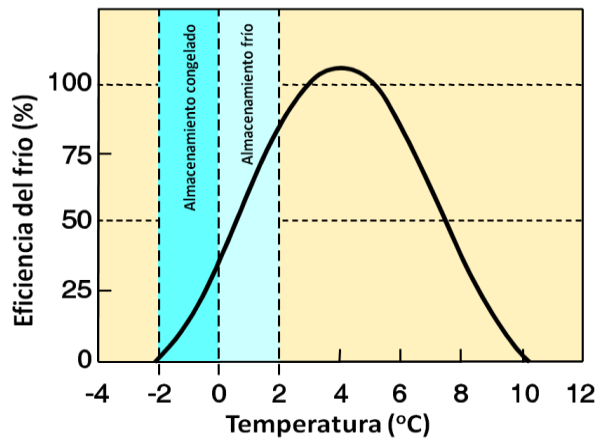
Figura 7.4.13 Para asegurar temperaturas uniformes a lo largo de las unidades de almacenamiento refrigerado, las cajas deben ser espaciadas o colocadas en estantes para permitir un buen flujo del aire (A). Furgones portátiles (reefers) (B) pueden ser usados solo para un almacenamiento refrigerado de corto plazo.

7.4.5.2 Manejo, descongelación y plantación de la producción congelada

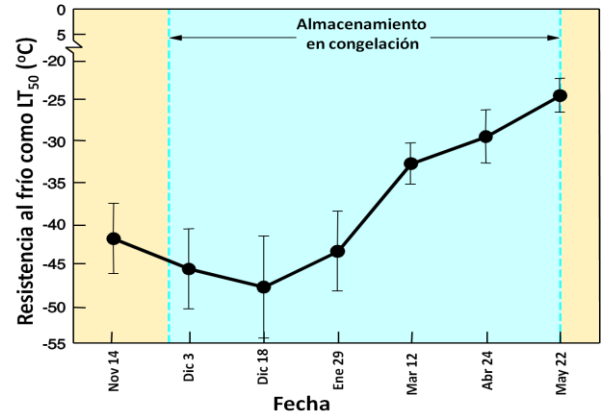
Para muchos consumidores de los viveros el almacenamiento en congelación es una práctica relativamente nueva por lo que algunos clientes han manifestado preocupación acerca de si la producción congelada debe ser transportada cuidadosamente. La experiencia con coníferas de especies comerciales ha mostrado que las plantas congeladas pueden ser transportadas sin daños serios (Kiiskila, 1999), aunque, como con toda la producción la planta congelada deberá siempre ser manejada con cuidado.

La velocidad a la cual las plantas congeladas se descongelan también ha provocado preocupación con muchos clientes de los viveros. Inicialmente, el descongelado lento de la producción fue considerado lo mejor, aunque el descongelado rápido está ganando aceptación en la actualidad. En el experimento más exhaustivo hasta la fecha, Camm *et al.* (1995), estudiaron los efectos fisiológicos de los regímenes de descongelación en la fisiología de las plantas de *Picea* producidas en contenedor. Ellos encontraron diferencias no significativas entre el descongelamiento rápido (1 a 2 días a 15°C [60°F]) y el lento (17 días a

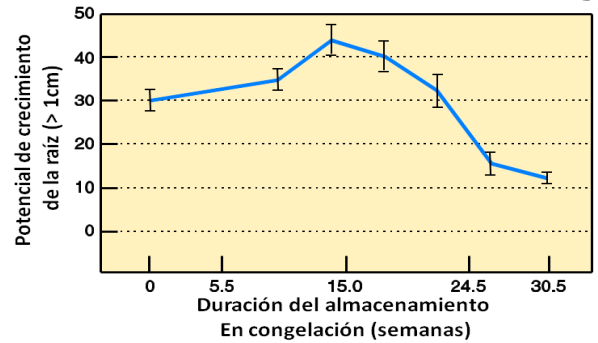
5°C [41°F]). Por ejemplo, se encontró que plantas con estrés hídrico se recuperaron en solo 4 a 5 horas durante el descongelamiento rápido (Figura 7.4.15A). Estos buenos resultados fueron confirmados mediante ensayos operativos en la Columbia Británica (Silim y Guy, 1998), que mostraron que el descongelamiento rápido de la producción (15°C [60°F] en 1 o 2 días) resultaron en una menor pérdida de carbohidratos y la produjeron un mejor desempeño de la plantación (Figura 7.4.15B). La Cooperativa Tecnológica de Viveros de la Universidad Estatal de Óregon, realizó un estudio similar y encontró una diferencia no significativa entre los periodos de lenta y rápida descongelación, o para la producción que fue descongelada rápidamente y después colocada en un almacenamiento frío (Rose y Haase, 1997). En uno de los estudios mejor diseñados y a largo plazo, el almacenamiento en congelación de la producción en contenedor de *Picea abies* fue descongelada en cajas de cartón a 4 ó 12°C (39 ó 54°F) por hasta 16 días antes de la plantación. Cuando se establecieron en campo se midió la supervivencia después de 3 años obteniendo que la mejor temperatura de descongelación fue de 12°C (54°F) para 4 a 8 días, lo cual a su vez previno el desarrollo del moho (Helenius *et al.*, 2005). Basado en esta investigación puede ser recomendado un descongelamiento rápido de la producción por varios días, con 50 a 60°F.



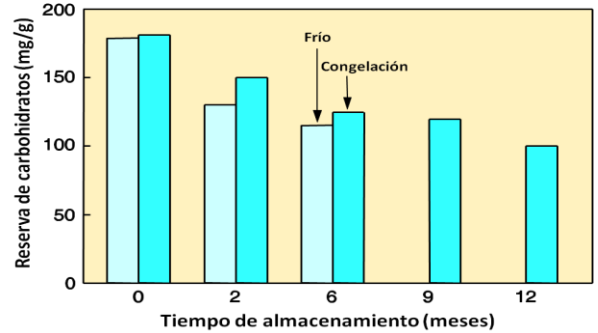
A



B



C

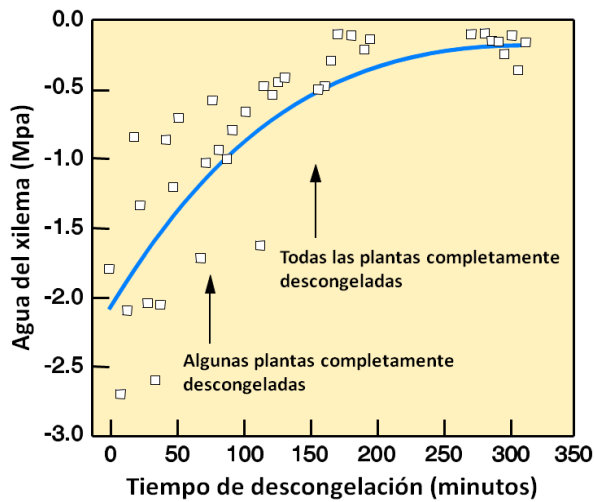


D

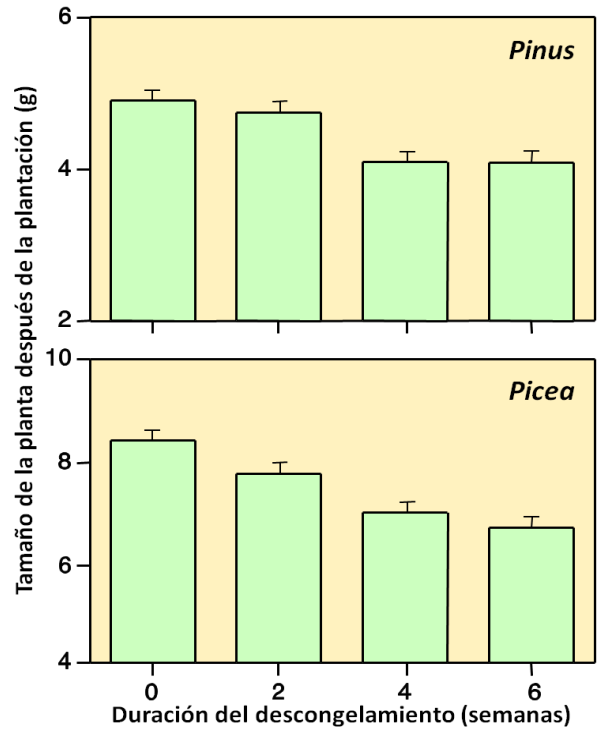
Figura 7.4.14 El almacenamiento frío y en congelación son efectivos para cumplir los requerimientos de horas frío después de que las plantas hayan alcanzado un cierto nivel de resistencia al frío (A) y también algunos otros efectos en la fisiología de la planta. Comparado con el almacenamiento a cielo abierto, las plantas de coníferas mantuvieron mejor su resistencia al frío bajo refrigeración (B). El crecimiento potencial de la raíz se incrementó por cerca de 4 meses y después disminuyó (C). El almacenamiento en congelación disminuye más el descenso de la reserva de carbohidratos, que el almacenamiento frío, y por lo tanto, es preferible para almacenamiento a largo plazo (D). (A, de Ritchie, 2004; B, modificado de Grossnickle *et al.*, 1994; C, modificado de Harper *et al.*, 1989; D, modificado de Ritchie, 1982).

Evidentemente, debe ser aplicado el sentido común y el descongelamiento debe realizarse evitando la luz directa del sol, pero parece ser que un descongelado rápido es lo mejor. El problema de incrementar la susceptibilidad a los mohos del almacén es una preocupación engañosa, debido a que el desarrollo del hongo será lento en el almacenamiento frío.

El cambio climático puede retrasar muy rápidamente los proyectos de plantación, lo que plantea la pregunta de qué hacer con las plantas descongeladas. En ningún tipo de investigación se ha publicado este problema, aunque Ritchie (2004) recomienda el almacenamiento frío si el retraso será solamente por algunos días, pero la congelación de la producción si este retraso se prolonga por varias semanas. Las investigaciones más recientes consideran la plantación directa de plantas aún congeladas. Una comparación de plantaciones mostró que cuando la producción congelada fue plantada, ésta se descongeló rápidamente sin ningún efecto significativo que afectara el crecimiento de la planta (Kooistra y Bakker, 2002; Islam *et al.*, 2008). Sin embargo, esto puede suponer un reto operacional debido a que el almacenamiento congelado comúnmente genera que las plantas estén unidas entre sí formando una gran masa. Por consiguiente, la plantación directa de la producción congelada no debe ser recomendada a menos que las plantas puedan ser separadas en forma individual con facilidad.



A



B

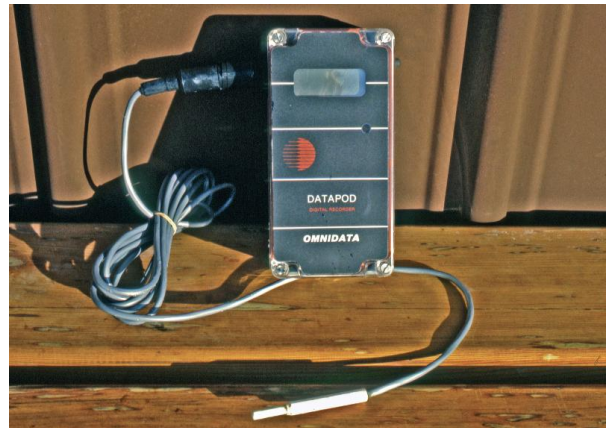
Figura 7.4.15 Aunque el descongelamiento lento de la producción del vivero fue inicialmente favorecido, se ha demostrado que el descongelado rápido no tiene efectos negativos en términos del estrés hídrico de la planta (A) u otras variables fisiológicas. Ensayos en plantaciones confirmaron que el descongelado rápido es de hecho benéfico para el crecimiento de la planta (B) (A, modificado de Camm *et al.*, 1995; B, modificado de Silim y Guy, 1998).

7.4.6 Monitoreo de la calidad de la planta en el almacén

Durante el almacenamiento del invierno, las plantas deben ser consideradas como si estuvieran en un estado de “animación suspendida” – las plantas están vivas aunque sus funciones fisiológicas han sido disminuidas al mínimo. El factor limitante crítico que mantiene la dormancia durante el almacenamiento es la temperatura. Por ello, la temperatura debe ser rigurosamente monitoreada a lo largo del periodo del almacenamiento durante el invierno (Kooistra, 2004). Los termómetros electrónicos con largas sondas son muy útiles para monitorear la temperatura de los contenedores en el almacén (Figura 7.4.16A). Los capturadores de información son dispositivos pequeños y baratos, que tienen integrado un registrador de datos, el cual monitorea la temperatura, humedad y otras variables climáticas que contribuyen al estrés de la planta (Figura 7.4.16B). Modelos nuevos como el Hobo® son lo suficientemente pequeños para colocarlos dentro de los paquetes almacenados, donde éstos detectan la incidencia y duración de la exposición (McCraw, 1999). El ThermoChron iButtons® es aun más pequeño y casi indestructible (Gasvoda *et al.*, 2003). Ambos pueden monitorear la temperatura sobre el tiempo y los datos pueden ser descargados a una computadora (Figura 7.4.16C). Cualquier termómetro o dispositivo para registrar la temperatura debe ser calibrado anualmente, para asegurar su precisión; una forma fácil de realizarla es colocando la sonda del termómetro en una mezcla de hielo y agua y la lectura de la temperatura debe ser igual a 0°C (32°F) (Figura 7.4.16D).



A



B



C



D

Figura 7.4.16 La temperatura puede ser monitoreada con termómetros electrónicos con sondas largas (A). Los pequeños higrotermógrafos como el Datapod® pueden monitorear tanto la temperatura como la humedad relativa (B). Aún más pequeños, como el iButton® puede monitorear la temperatura por semanas o meses, y los datos pueden ser descargados a una computadora (C). Se deberá calibrar cualquier termómetro con una mezcla de agua y hielo para asegurar su precisión (D).

7.4.7 Causas de daño del almacenamiento durante el invierno

El almacenamiento durante el invierno tiene muchos riesgos potenciales para las plantas almacenadas (Cuadro 7.4.3) por lo cual los productores deberán monitorear periódicamente su producción para los siguientes riesgos.

7.4.7.1 Daño por frío

El daño por frío puede desarrollarse desde una simple helada o durante un largo periodo de clima frío. El daño es más común a finales del otoño o a principios de la primavera, cuando las plantas están entrando o saliendo de la dormancia. El daño por frío está directamente relacionado con la dormancia de la planta o la resistencia al frío. Los tallos de las plantas nativas que han sido adecuadamente endurecidos pueden tolerar temperaturas congelantes extremas esperadas en el área geográfica de la cual éstas son originarias, aunque la resistencia al frío y la dormancia se pierden a medida que avanza el invierno. El meristemo lateral al nivel del cuello de la raíz, puede ser dañado por el hielo (Figura 7.4.17A) tanto como las yemas. Este tipo de daño es muy difícil de diagnosticar sin que se destruya la muestra, ya que los síntomas no llegan a ser evidentes sino hasta después, en la primavera.

El sistema radical requiere una protección especial ya que éste es dañado a muchas más altas temperaturas que los tallos. Más aún, las raíces jóvenes fibrosas son menos resistentes que las raíces maduras leñosas y serán dañadas a mayores temperaturas. Los esquejes enraizados son particularmente vulnerables a este tipo de daño ya que sus raíces aun no han desarrollado capas protectoras. Las raíces jóvenes se encuentran comúnmente en las afueras del cepellón y son las primeras en ser dañadas por las temperaturas frías (Figura 7.4.17B). Cuando se presentan temperaturas congelantes, el daño por frío a las raíces es el tipo de afectación más común durante el invierno. Debido a que el tallo no muestra síntomas de forma inmediata, el daño a las raíces pasa desapercibido, hasta que llega a ser evidente después de la plantación. Por lo tanto,

los productores deben diseñar sus sistemas de almacenamiento para proteger todas las raíces de las temperaturas dañinas, durante el invierno.

7.4.7.2 Deseccación

El secado invernal es en realidad, un daño por desecación y se presenta cuando las plantas fueron expuestas a un estrés hídrico extremo, especialmente por el viento y/o exposición directa a la luz solar (Figura 7.4.17C). El daño es más severo cuando el substrato y las raíces permanecen congelados por largos periodos, mientras los tallos son expuestos al sol o al viento. Las plantas pueden aún llegar a desecarse cuando éstas son almacenadas en un refrigerador sin escarcha, sin un adecuado empaclado. El secado invernal no está directamente relacionado con la dormancia de la planta o la resistencia al frío – aún la producción más latente y resistente, puede ser dañada. Las plantas almacenadas cerca del perímetro de las instalaciones a cielo abierto, o del almacenamiento con protección, son las más susceptibles (Figura 7.4.17D), pero aún, las plantas cubiertas con nieve pueden ser dañadas si sus puntas llegan a ser expuestas. Este tipo de desecación puede ser prevenido si la producción almacenada a cielo abierto o con protección, puede ser irrigada durante el periodo del almacenamiento y si el perímetro es aislado de una forma apropiada.

7.4.7.3 Pérdida de dormancia

La pérdida de la dormancia sucede más comúnmente cuando la producción en contenedor es almacenada en invernaderos. Durante periodos invernales con condiciones soleadas y despejadas, los invernaderos pueden acumular calor y provocar que las plantas pierdan su dormancia. Este pérdida se torna progresivamente más seria durante finales del invierno y principios de la primavera, cuando las plantas han completado sus requerimientos de horas frío y las temperaturas frías son el único factor que limita su crecimiento (Figura 7.4.17E). Aunque el almacenamiento refrigerado es la mejor prevención, el uso de

cubiertas blancas o reflejantes en un almacenamiento sin estructuras, minimiza el efecto de la luz solar y previene la acumulación de calor. Debe monitorearse frecuentemente la temperatura en el almacenamiento bajo protección y ventilarse si es necesario.

7.4.7.4 Mohos del almacén

Los tipos de condiciones de almacenamiento determinarán los tipos de problemas de enfermedad que pueden ser encontrados. Aunque las enfermedades fungosas pueden ser un problema en el almacenamiento a cielo abierto, o en las casas sombra, éste es más serio cuando las plantas son almacenadas bajo refrigeración durante el invierno (Cuadro 7.4.3). Algunos hongos, como el *Botrytis cinérea*, en realidad prefieren el frío, las condiciones de obscuridad en las cajas y bolsas almacenadas, y continuará desarrollándose y afectando plantas mientras existan condiciones de humedad (Figura 7.4.17F). Algunos viveros aplican fungicidas antes del almacenamiento durante el invierno, aunque una cuidadosa clasificación para remover las plantas dañadas o afectadas es la mejor prevención. El almacenamiento bajo congelación ha llegado a ser popular dado que éste previene un mayor desarrollo de los mohos del almacenamiento. Mayor información se proporciona en la Sección 5.1.6 del Volumen Cinco de esta serie.



A



B



C



D



E



F



G

Figura 7.4.17. El almacenamiento durante el invierno es un momento de considerable riesgo para la producción del vivero. Las temperaturas frías pueden dañar los tejidos no endurecidos, tal como el meristemo lateral (A). Las raíces son particularmente susceptibles dado que éstas crecerán cuando las temperaturas lo permitan (B). El quemado invernal (C) es en realidad una desecación y es particularmente severo alrededor del perímetro de las áreas de almacenamiento (D). Las plantas almacenadas gradualmente perderán la dormancia y podrán romper la yema durante finales del invierno o principios de la primavera (E). Los mohos del almacenamiento (F) son más serios en el almacenamiento frío, mientras que el daño por animales puede ser un problema real en el almacenamiento con protección (G).

7.4.7.5 Daño por animales

El único tipo de almacenamiento durante el invierno donde los animales no resultaron ser una amenaza fue el almacenamiento refrigerado. Pequeños roedores como los ratones y los topos pueden ser plagas en las casas sombra y en los sistemas sin estructura (Figura 7.4.17G), debido a que estas plagas son protegidas de sus depredadores naturales y de las condiciones climáticas adversas. La colocación de cebos o plantas para mantener bajas las poblaciones pueden ser efectivas si se realizan al inicio de la estación. Animales grandes como el venado y los conejos pueden ser plagas en el almacenamiento sin estructura, a cielo abierto y en las casas sombra, aunque el cercado es una forma efectiva de prevenir daños. Ver la Sección 5.1.6 en el Volumen 5 de esta serie para una mayor información específica.

Cuadro 7.4.3 Las plantas pueden ser dañadas por diferentes tipos de estrés en el almacenamiento durante el invierno.

Tipo de daño	Causa	Medidas preventivas para estos tipos de almacenamiento		
		A cielo abierto	Protegido	Refrigerado
Daño por frío (Figura 7.4.17A-B)	Temperaturas por debajo del nivel de endurecimiento por frío de las plantas Las raíces son mucho más susceptibles que los tallos	Plantas endurecidas en forma apropiada para tolerar la temperatura fría máxima esperada		
Daño por deshidratación (Deseccación invernal) (Figura 7.4.17C-D)	Exposición a una luz solar intensa y especialmente a vientos secos	Substrato completamente saturado antes de su almacenamiento		
Pérdida de dormancia (Figura 7.4.17E)	Temperaturas por arriba de los 5°C (40°F)	No es posible	Monitorear y ventilar conforme sea requerido	Mantener frías las temperaturas en las cajas
Mohos del almacenamiento (Figura 7.4.17F)	Temperaturas cálidas; infecciones latentes de <i>Botrytis</i>	Prevención del daño al tejido de la planta; desecho de plantas dañadas	Mantener el follaje fresco y seco	Mantener el follaje fresco y seco
Daño por animales (Figura 7.4.17G)	Pequeños roedores y aún conejos pueden cinchar la producción almacenada del vivero	Exclusión de animales grandes mediante cercado; uso de cebos envenenados para roedores	Sin problema	

7.4.8 Resumen y conclusiones

Las plantas sin dormancia destinadas para plantaciones cercanas pueden ir del vivero al campo con un corto almacenamiento o sin este (“plantación caliente”). Más comúnmente, las plantas con dormancia son almacenadas durante el invierno hasta que éstas puedan ser establecidas en campo. El almacenamiento llega a ser más importante a medida que se incrementa la distancia de los viveros a los sitios de plantación, cuando las diferencias climáticas entre el vivero y los sitios de plantación son grandes, y cuando los viveros producen grandes cantidades de planta que requieren meses para su procesamiento. Por lo tanto, el almacenamiento es una necesidad operacional antes que un requerimiento fisiológico.

El almacenamiento durante el invierno debe ser realizado para cumplir con el clima local, el tipo de planta y los factores de producción. En general, son utilizados 3 tipos de almacenamiento durante el invierno, a cielo abierto, sin estructuras y con estructuras. En el almacenamiento a cielo abierto, las plantas son dejadas al aire libre, sobre el suelo y son protegidas del sol y del viento mediante grandes árboles y la caída de nieve. Las plantas almacenadas en un sistema sin estructuras son también dejadas al aire libre y sobre el suelo, pero estas son protegidas de las variaciones del clima invernal mediante varias aplicaciones de plásticos y/o cubiertas de Styrofoam®. El almacenamiento con estructuras puede ser muy simple, tal como una estructura fría, pasando gradualmente a estructuras modestas tales como las casas de polietileno y las casas sombra, las cuales proveen un mínimo control del clima, hasta los sistemas más complejos – las unidades refrigeradas. El almacenamiento refrigerado incluye el almacenamiento frío (temperaturas solo por encima del punto de congelación), el cual es el mejor almacenamiento de plantas a corto plazo (de 2 semanas a 2 meses), y el almacenamiento en congelación (temperaturas justo por debajo del punto de congelación) el cual es el mejor almacenamiento a largo plazo (de 2 a 8 meses).

Sin importar el tipo de almacenamiento utilizado las plantas deben ser monitoreadas regularmente para asegurar que las plagas (animales y mohos del almacenamiento) no lleguen a ser un problema, para que las temperaturas estén en un rango apropiado para mantener la dormancia de las plantas, y para la humedad del sustrato que sea apropiada para evitar la desecación.

Después del almacenamiento las plantas deberán ser transportadas cuidadosamente al campo. La producción colocada en un almacenamiento congelado, puede ser cuidadosamente transportado mientras se mantienen congeladas, pero si son descongeladas en el vivero, el proceso de descongelado deberá ser rápido para reducir la pérdida de carbohidratos y el desarrollo de los mohos del almacenamiento.

El éxito del almacenamiento de plantas en contenedor es uno de los aspectos más importantes y retadores del responsable del vivero. Muchos tipos de sistemas de almacenamiento durante el invierno pueden ser empleados dependiendo del lugar, clima y especies producidas; más de un sistema puede ser utilizado en el vivero. La determinación de cuándo es adecuada la cosecha de las plantas para que éstas puedan mantener un alto nivel de calidad durante el periodo de almacenamiento y en el sitio de plantación, es uno de los aspectos más retadores del gerente del vivero.

7.4.9 Literatura citada

- Barnes, H.W. 1990. The use of bubble-pac for the overwintering of rooted cuttings. Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society 40: 553- 557.
- Brown, K.E. 2007. Personal communication. Juniper, NB: J.D. Irving, Ltd., Juniper Tree Nursery.
- Burr, K.E. 2004. Personal Communication. Coeur d' Alene, ID: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Coeur d' Alene nursery.
- Burr, K.E.; Tinus, R.W. 1988. Effect of the timing of cold storage on cold hardiness and root growth potential of Douglas-fir. In: Landis, T.D., ed. Proceedings, combined meeting of the Western Nursery Associations, General Technical Report RM-167. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 133-138.
- Camm, E.L.; Guy, R.D.; Kubien, D.S.; Goetze, D.C.; Silim, S.N.; Burton, P.J. 1995. Physiological recovery of freezer- stored white and Engelmann spruce seedlings planted following different thawing regimes. *New Forests* 10(1): 55-77.
- Camm, E.L.; Goetze, D.C.; Silim, S.N.; Lavender, D.P. 1994. Cold storage of conifer seedlings: an update from the British Columbia perspective. *Forestry Chronicle* 70(3): 311-316.
- Davis, T. 1994. Mother nature knows best. *Nursery Manager* 10(9): 42-45.
- Dumroese, R.K.; Barnett, J.P. 2004. Container seedling handling and storage in the Southeastern states. In: Riley, L.E.; Dumroese, R.K.; Landis, T.D., tech. coords. National proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations—2003. Proceedings RMRS P-33. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 22-25.
- Dunsworth, B.G. 1988. Impact of lift date and storage on field performance for Douglas-fir and western hemlock. In: Landis, T.D, ed. Proceedings, combined meeting of the Western Nursery Associations. General Technical Report RM-167. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 199-206.
- Dymock, I.J. 1988. Monitoring viability of overwintering container stock in the Prairies - an overview of a five year lodgepole pine study. In: Landis, T.D, ed. Proceedings, combined meeting of the Western Nursery Associations. General Technical Report RM- 167. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 96-105. 113
- Gasvoda, D.S.; Tinus, R.W.; Burr, K.E. 2003. Monitor tree seedling temperature inexpensively with the Thermochron iButton Data logger. *Tree Planters' Notes* 50(1): 14-17.
- Goodman, R.C.; Jacobs, D.F.; Apóstol, K.G.; Wilson, B.C.; Gardiner, E.S. 2009. Winter variation in physiological status of cold stored and freshly lifted semi-evergreen *Quercus nigra* seedlings. *Annals of Forest Science* 66 (103). 8 p.
- Green, J.L.; Fuchigami, L.H. 1985. Special - Overwintering container-grown plants. Corvallis, OR: Oregon State University, Dept. Of Horticulture. *Ornamentals Northwest Newsletter* 9(2): 10-23.
- Grossnickle, S.C.; Major, J.E.; Folk, R.S. 1994. Interior spruce seedlings compared with emblings produced from somatic embryogenesis. I. Nursery development, fall acclimation, and over-winter storage. *Canadian Journal of Forest Research* 24(7): 1376-1384.
- Harper, G.; Camm, E.L.; Chanway, C.; Guy, R. 1989. White spruce: the effect of long-term cold storage is partly dependent on out planting soil temperatures. In: Landis, T.D., ed. Proceedings, Intermountain Forest Nursery Association. General Technical Report RM- 184. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station: 115-118.

- Hee, S.M. 1987. Freezer storage practices at Weyerhaeuse nurseries. *Tree Planters' Notes* 38(2): 7-10.
- Helenius, P.; Luoranen, J.; Rikala, R. 2005. Physiological and morphological response of dormant and growing Norway spruce container seedlings to drought after outplanting. *Annals of Forest Science* 62: 201-207.
- Iles, J.K.; Agnew, N.H.; Taber, H.G.; Christians, N.E. 1993. Evaluations of structureless overwintering systems for container-grown herbaceous perennials. *Journal of Environmental Horticulture* 11: 48-55.
- Islam, M.A.; Jacobs, D.F.; Apóstol, K.G.; Dumroese, R.K. 2008. Transient physiological responses of planting Douglas-fir seedlings with frozen or thawed root plugs under cool-moist and warm-dry conditions. *Canadian Journal of Forest Research* 38: 1517-1525.
- Kiiskila, S. 1999. Container stock handling. In: Gertzen, D.; van Steenis, E.; Trotter, D.; Summers, D.; tech. 130 coords. *Proceedings of the 1999 Forest Nurser Association of British Columbia*. Surrey, BC: British Columbia Ministry of Forests, Extension Services: 77-80. 114
- Kooistra, C.M. 2004. Seedling storage and handling in western Canada. In: Riley, L.E.; Dumroese, R.K.; Landis, T.D., tech. coords. *National proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations—2003*. Proceedings RMRS P-33. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 15-21.
- Kooistra, C.M.; Bakker, J.D. 2002. Planting frozen conifer seedlings: warming trends and effects on seedling performance. *New Forests* 23(3): 225-237.
- Landis, T.D. 2000. Seedling lifting and storage and how they relate to outplanting. In: *Proceedings of the 21st Annual Forest Vegetation Management Conference*. Redding, CA: 27-32.
- Lindstrom, A. 1986. Outdoor winter storage of container stock on raised pallets—effects on root zone temperatures and seedling growth. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1(1): 37-47.
- Mandel, R.H. 2004. Container seedling handling and storage in the Rocky Mountain and Intermountain regions. In: Riley, L.E.; Dumroese, R.K.; Landis, T.D., tech. coords. *National proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations—2003*. Proceedings RMRS P-33. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 8-9.
- Mathers, H.M. 2004. Personal communication. Columbus, OH: Assistant Professor, Extension Specialist: Nursery and Landscape. Department of Crop and Soil Science. Ohio State University.
- Mathers, H.M. 2003. Summary of temperature stress issues in nursery containers and current methods of production. *HortTechnology*. 13(4): 617-624.
- Mattsson, A.; Lasheikki, M. 1998. Root growth in Siberian larch (*Larix sibirica* Ledeb.) seedlings seasonal variations and effects of various growing regimes, prolonged cold storage and soil temperatures. In: Box, J.E., Jr., ed. *Root demographics and their efficiencies in sustainable agriculture, grasslands and forest ecosystems*, Kluwer Academic Publishers: 77-88.
- Mattsson, A.; Troeng, E. 1986. Effects of different overwinter storage regimes on shoot growth and net photosynthetic capacity in *Pinus sylvestris* seedlings. *Scandinavian Journal of Forest Research* 1(1): 75-84.
- Mattwie, L. 1991. Overwintering in insulated cold frames improves seedling survival. Unpublished Report. Hinton, AB: Weldwood of Canada Ltd. 4 p. 115
- McCraw, D. 1999. Onset Hobo temp recorder. In: Landis, T.D.; Barnett, J.P., eds. *National proceedings, Forest and Conservation Nursery Association—1998*. General Technical Report SRS-25. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Southern Research Station: 3-4.

- Paterson, J.; DeYoe, D.; Millson, S.; Galloway, R. 2001. Handling and planting of seedlings. In: Wagner, R.G.; Colombo, S.J., eds. *Regenerating the Canadian forest: principles and practice for Ontario*. Sault Ste Marie, ON: Ontario Ministry of Natural Resources: 325-341.
- Perry, L.P. 1990. Overwintering container-grown herbaceous perennials in northern regions. *Journal of Environmental Horticulture* 8:135-138.
- Ritchie, G.A. 2004. Container seedling storage and handling in the Pacific Northwest: answers to some frequently asked questions. In: Riley, L.E.; Dumroese, R.K.; Landis, T.D., tech. coords. *National proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations—2003*. Proceedings RMRS P-33. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 3-6.
- Ritchie, G.A. 1982. Carbohydrate reserves and root growth potential in Douglas-fir seedlings before and after cold storage. *Canadian Journal of Forest Research* 12(4): 905-912.
- Ritchie, G.A. 1986. Relationships among bud dormancy status, cold hardiness, and stress resistance in 2+0 Douglas-fir. *New Forests* 1(1): 29-42.
- Ritchie, G.A. 1987. Some effects of cold storage on seedling physiology. *Tree Planters' Notes* 38(2): 11-15.
- Ritchie, G.A. 1989. Integrated growing schedules for achieving physiological uniformity in coniferous planting stock. *Forestry (Suppl.)* 62: 213-226.
- Rose, R.; Haase, D.L. 1997. Thawing regimes for freezer stored container stock. *Tree Planters' Notes* 48(1-2): 12-17.
- Silim, S.N.; Guy, R.D. 1998. Influence of thawing duration on performance of conifer seedlings. *Forest Nursery Association of British Columbia meetings, proceedings, 1995, 1996, 1997*. Surrey, BC: British Columbia Ministry of Forests, Extension Services: 155-162.
- Trotter, D.; Shrimpton, G.; Dennis, J.; Ostafew, S.; Kooistra, C. 1992. Gray mould (*Botrytis cinerea*) on stored conifer seedlings: efficacy and residue levels of pre-storage fungicide sprays. In: *Proceedings, Forest Nursery Association of British Columbia meeting*: 72-76.
- Whaley, R.E.; Buse, L.J. 1994. Overwintering black spruce container stock under a Styrofoam SM insulating blanket. *Tree Planters' Notes* 45(2): 47-52.
- White, B. 2004. Container handling and storage in Eastern Canada. In: Riley, L.E.; Dumroese, R.K.; Landis, T.D., tech. coords. *National proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations—2003*. Proceedings RMRS P-33. Ft. Collins, CO: U.S. Department of Agriculture Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 10-14.

