



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

VOLUMEN 7

Capítulo 6

Plantación

Contenido

7.6.1 Introducción	184
Factores limitantes en el sitio de plantación	
Calendarización de la época de plantación	
Herramientas y técnicas de plantación	
7.6.2 Épocas de plantación	185
7.6.3 Manejo y almacenamiento <i>in situ</i>	189
7.6.3.1 Inspección de la producción	189
7.6.3.2 Producción para la “plantación caliente” y almacenadas a cielo abierto	189
7.6.3.3 Producción del almacenamiento refrigerado	192
Descongelado de la producción	
Plantación de plantas congeladas	
7.6.4. Preparativos para la plantación	196
7.6.4.1 Revisión de la humedad y temperatura del suelo	196
7.6.4.2 Monitoreo de la humedad, temperatura del aire y la velocidad del viento.	196
7.6.4.3 La exposición del sitio y secuencia de la plantación	196
7.6.4.4 Riego de plantas y protección de raíces	197
7.6.4.5 Preparación del sitio de plantación	197
Rastreo	
Montículos	
Volteo del suelo	
Preparación del sitio y expulsión de las plantas por el hielo	
7.6.4.6 Aplicación de herbicidas (“eliminación química”)	201
7.6.4.7 Preparación del sitio para plantaciones de restauración	203
7.6.5. Selección del espaciamiento y patrón de plantación	205
7.6.5.1 Selección de los sitios de plantación	206
Micrositios	
7.6.6 Entrenamiento y supervisión del personal	208
7.6.6.1 Manejo de la planta	208
7.6.6.2 Técnicas apropiadas de plantación	209
7.6.7 Equipo manual de plantación	212
7.6.7.1 Plantadores de punta (“Dibbles”)	212
7.6.7.2 Barras	213
7.6.7.3 Azadones	214
7.6.7.4 Palas	215
7.6.7.5 Tubos plantadores	216
7.6.7.6 Taladros motorizados	217
7.6.8 Máquinas plantadoras	219
7.6.8.1 Maquinas remolcadas por tractores	219
7.6.8.2 Maquinas plantadoras autopropulsadas	221
Máquina plantadora marca Bräcke	
Máquina plantadora marca M-Planter	
Máquina plantadora marca Ecoplanter	

7.6.9 Equipo de plantación para árboles grandes.....	225
7.6.9.1 Punzón expansivo	225
7.6.9.2 Plantador de cepellón.....	226
7.6.10 Tratamientos durante la plantación	228
7.6.10.1 Protección contra animales	228
7.6.10.2 Fertilización.....	229
7.6.10.3 Coberteras.....	229
7.6.10.4 Protecciones.....	231
7.6.10.5 Sombreados	231
7.6.10.6 Riegos.....	232
7.6.11 Monitoreo del desempeño de la plantación.....	233
Supervisión del número y distribución espacial de las plantas	
Reconocimiento del área	
Reconocimiento del subsuelo	
7.6.11.1 ¿Cuál es el mejor tipo de evaluación?	234
Sitios circulares	
Hileras estacadas	
7.6.11.2 ¿Cuál es el mejor diseño de muestreo?	236
7.6.11.3 ¿Cuántos sitios son necesarios?	236
7.6.12 Conclusiones y recomendaciones.....	237
7.6.13 Literatura citada.....	238

7.6.1 Introducción

La plantación es la etapa final del proceso del vivero, pero antes de obtener técnicas específicas debemos revisar conceptos importantes. El desempeño de la plantación (supervivencia y crecimiento) depende de tres factores, los cuales son los elementos finales del concepto de la planta objetivo (Figura 7.6.1).

Factores limitantes en el sitio de plantación.

Cada sitio es diferente, por lo tanto es importante identificar los factores ambientales que puedan limitar la supervivencia y crecimiento de la planta. La temperatura y la humedad son usualmente los factores más limitantes y son discutidos en la Sección 7.6.4. Otros factores del sitio, tales como la exposición y el tipo de suelo, deben ser también considerados. Los sitios con exposición sur o sureste se secarán más rápido y por lo tanto, deben ser plantados primero. En algunos casos, se requerirán materiales para dar sombra. Algunas herramientas de plantación no deberán ser utilizadas en suelos con textura fina, tales como limo y arcilla; esto será discutido en la Sección 7.6.7.

Los sitios de plantación deben ser bien evaluados antes de la temporada actual de plantación. Aunque el proceso de la evaluación del sitio no se cubrirá con detalle aquí, existen dos buenos ejemplos. Primero, el Servicio Forestal requiere de un plan de reforestación detallado para cada proyecto de plantación (USDA Forest Service, 2002). Segundo, un ejemplo muy comprensible de cómo conducir una evaluación del sitio de reforestación se puede encontrar en Steinfield *et al.* (2007). Debido a la enorme naturaleza de los disturbios en los sitios de reforestación, la evaluación del sitio es a menudo más crítica antes de iniciar la plantación (Munshower, 1994).

Calendarización de la época de plantación.

Para cada sitio, existe un momento ideal para plantar, y el proceso para determinar este periodo se discute en la Sección 7.6.2.

Herramientas y técnicas de plantación.

Los procesos para seleccionar la mejor manera de plantar la producción del vivero se discuten en las Secciones 7.6.3 a 7.6.9, y en la Sección 7.6.10 se describe como evaluar la calidad del proyecto de plantación.



Figura 7.6.1 Las tres etapas finales del concepto de Planta Objetivo son críticas para el éxito de la plantación y deben ser consideradas cuando se planean e inician los proyectos de plantación.

7.6.2 Épocas de plantación

Años de experiencia han probado que el mejor tiempo para plantar es cuando éstas están en dormancia y menos susceptibles a los tipos de estrés de la cosecha, almacenamiento, transporte y plantación. El concepto de la época de plantación fue introducido como una parte crítica del concepto de la planta objetivo (ver Sección 7.1.1.5) y es definido como el periodo de tiempo durante el cual, las condiciones ambientales en el sitio de plantación favorecen más la supervivencia y crecimiento de las plantas del vivero. Tradicionalmente, las épocas de plantación se establecieron cosechando las plantas del vivero y observando su desempeño en el campo. Las pruebas de calidad de planta, tales como la resistencia al frío, son también buenas formas para determinar cuándo la producción está bien endurecida y mejor adaptada para sobrevivir el estrés de la plantación. Por ejemplo, las pruebas de resistencia al frío de *Pinus ponderosa* y *Pseudotsuga menziesii* en un periodo de cuatro años, mostró cómo la duración de la época de plantación varía año con año (Figura 7.6.2A).

Las fechas de inicio y final de la época de plantación son determinadas por los factores limitantes en el sitio de plantación. La humedad del suelo y la temperatura usualmente son las preocupaciones en la mayoría de los sitios, pero otros factores ambientales o biológicos pueden también limitar la supervivencia y crecimiento de la planta (ver Sección 7.1.1.4). Para plantaciones de alto valor donde se puede suministrar riego, la planta producida en contenedor puede ser plantada a lo largo del año en condiciones apropiadas de clima y con un manejo adecuado (White, 1990). Los cambios en las condiciones del clima han causado cambios en la época de plantación. En el este de Texas, una sequía prolongada ha causado que los forestales cambien de la plantación tradicional en primavera con plantas a raíz desnuda, a la plantación en otoño con plantas producidas en contenedor. Las pruebas mostraron que las plantas producidas en contenedor y plantadas durante el otoño

tuvieron 93% de supervivencia, en comparación con el 67% de las producidas a raíz desnuda (Taylor, 2005).

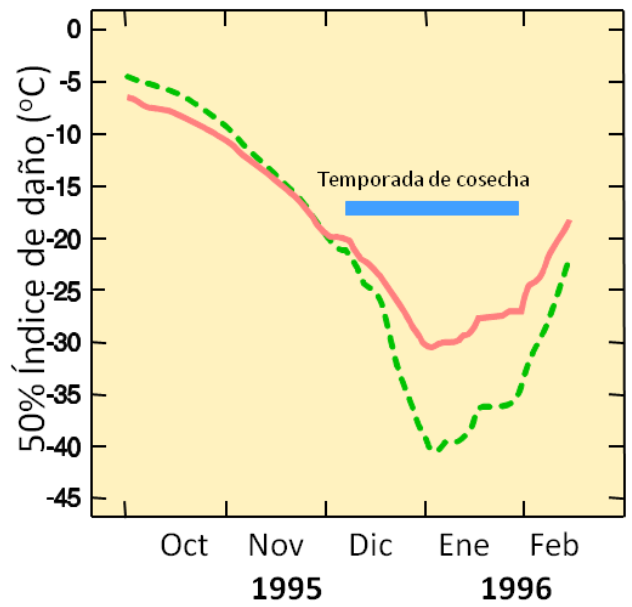
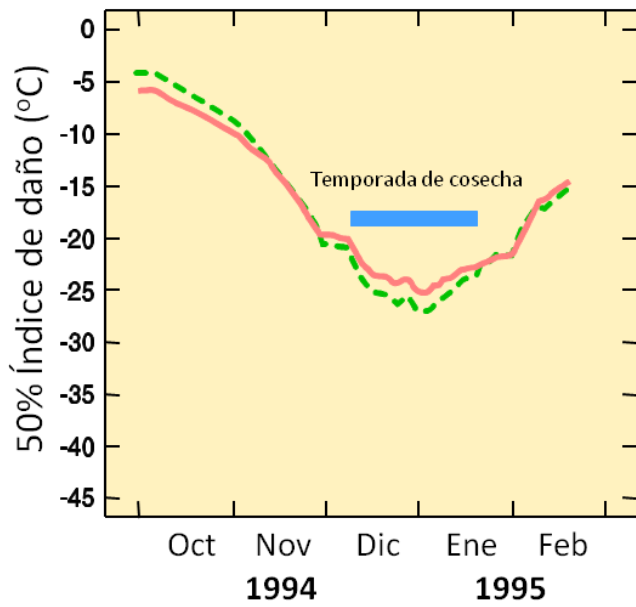
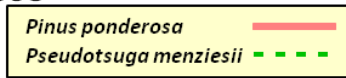
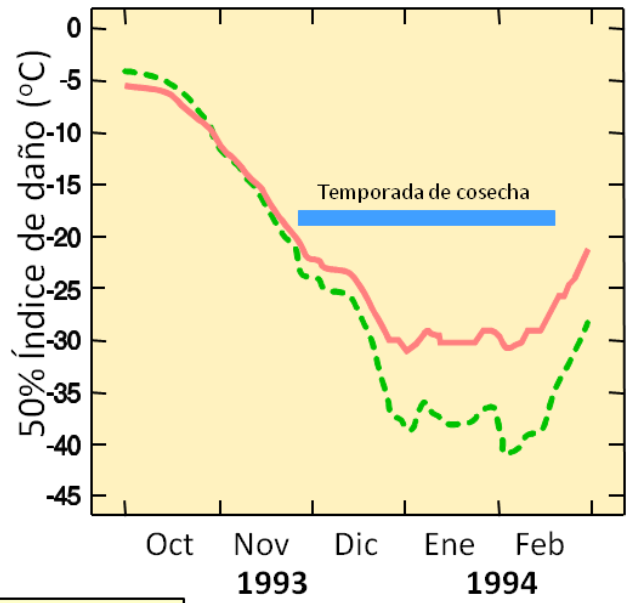
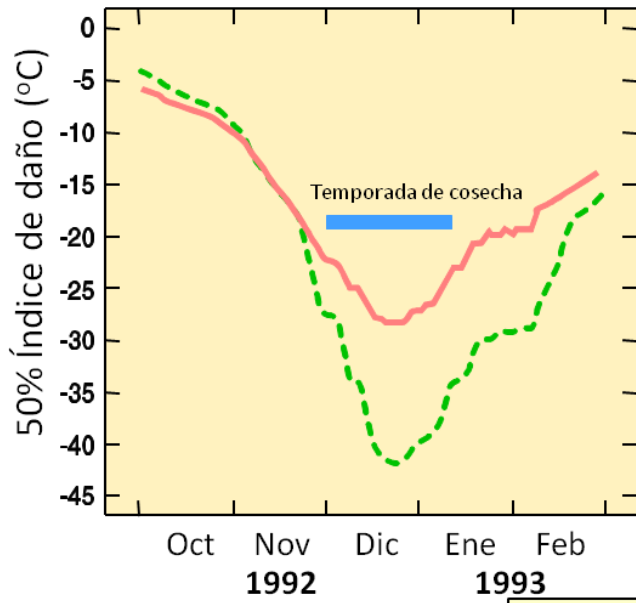
En la mayoría del terreno continental de los Estados Unidos, la producción del vivero se planta a finales del invierno y a principios de primavera, cuando la humedad del suelo es elevada y las tasas de evapotranspiración son bajas. En la mayor parte de Canadá y Estados Unidos, esto ocurre típicamente de enero a abril, a bajas elevaciones (Figura 7.6.2B). Estas plantaciones han utilizado plantas en dormancia que fueron cosechadas a principios del invierno y almacenadas de 2 a 8 meses bajo refrigeración, o en instalaciones al aire libre (ver Capítulo 4 en este volumen para mayor información).

Sin embargo, en altas elevaciones y latitudes, es imposible plantar a finales del invierno y principios de primavera, debido a que la cubierta permanente de nieve mantiene las temperaturas del suelo bajas y limita el acceso. Esto significa que toda la producción de vivero debe ser plantada durante un periodo relativamente corto, cuando los días son largos y los ángulos solares altos causan elevadas tasas de evapotranspiración (Figura 7.6.2C). Asimismo, algunos forestales en el norte de Canadá, Escandinavia, y las montañas del noreste de la parte occidental de los Estados Unidos, han plantado a principios del verano o aún más tarde, en el otoño (Luoranen *et al.*, 2004; Page-Dumroese *et al.*, 2008; Tan *et al.*, 2008). Las plantas producidas en contenedor tienen un periodo de plantación más amplio debido a que éstas sufren menos el shock al momento del trasplante; sus raíces están protegidas dentro del cepellón y no se dañan durante la cosecha. Además, con las técnicas modernas de los viveros que producen en contenedor, es posible cultivar las plantas para mejorar su tolerancia a los diferentes tipos de estrés de la plantación. Debido a que la producción que se planta durante el verano o el otoño no está en dormancia, a ésta se le conoce como “plantación caliente”. Esta producción

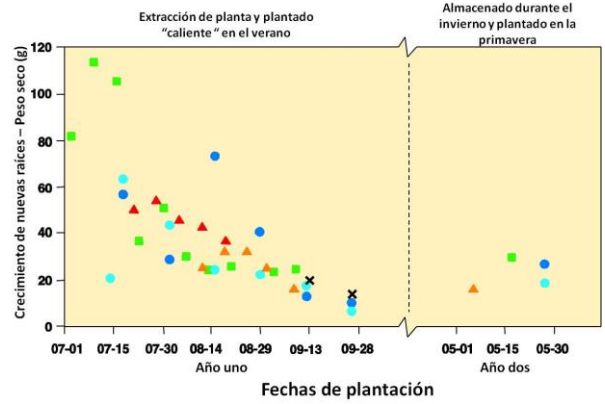
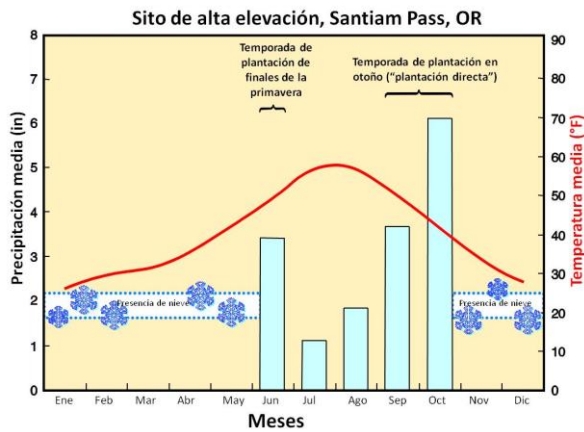
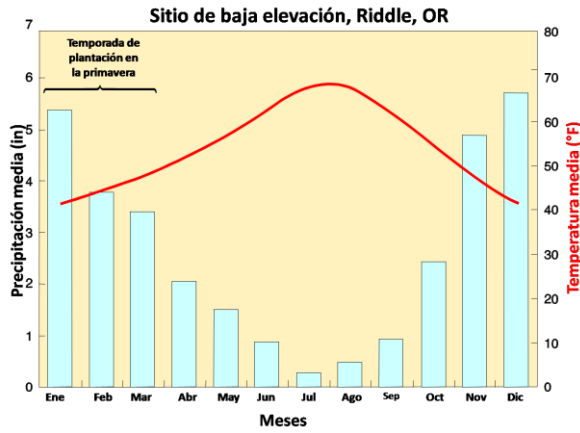
necesita algún endurecimiento para soportar el estrés producto de la cosecha, transporte y plantación; los tratamientos más comúnmente usados son el estrés por humedad o la aplicación de días cortos (“apagón”) (Landis y Jacobs 2008). Investigadores de Finlandia han estado desarrollando investigación sobre la “plantación caliente” en *Picea abies* y *Betula pendula* por varios años (Louranen *et al.*, 2005). Por ejemplo, para investigar el efecto de la sequía en el desempeño de la plantación, plantas recién cosechadas de *Picea abies* estuvieron sujetas al estrés por humedad hasta por seis semanas, en una parcela de investigación (Helenius *et al.*, 2002). Ellos

encontraron que las plantas recién cosechadas con los cepellones húmedos que fueron plantadas en julio, tuvieron mejor producción de raíces que aquellas plantadas más tarde ese mismo año, o aún aquellas que fueron almacenadas y plantadas la primavera siguiente (Figura 7.6.2D).

Asimismo, muchos factores biológicos y operacionales deben ser considerados cuando se determina la mejor época de plantación, pero nada sustituye la experiencia actual, y la supervivencia y crecimiento son siempre las mejores guías (Para mayor información sobre “plantación-caliente” ver las Secciones 7.4.2 y 7.6.3.2).



A



D
Figura 7.6.2 Las temporadas de plantación son establecidas con base en las observaciones de cosecha y éxitos de plantaciones o, con una prueba de calidad de planta (A). Sin embargo, a altas elevaciones y latitudes, la época de plantación es a finales de la primavera o principios del verano, debido a la nieve persistente y temperatura fría del suelo (C). Una cosecha de la producción para "plantación caliente" de *Picea abies* establecida a principios del verano, tuvo más producción de raíces que aquellas plantadas posteriormente en ese mismo año, o aun, con una producción almacenada durante el invierno y plantada la época tradicional de plantación durante la primavera (D) (A, modificada de Tinus, 1996; B y C, cortesía de Steinfeld *et al.*, 2007; D, modificado de Louranen *et al.*, 2006).

7.6.3 Manejo y almacenamiento *in situ*

La producción del vivero debe ser plantada tan pronto como llegue al sitio de plantación, pero esto es a menudo operacionalmente imposible. Demoras por el clima, programación de los trabajadores, y una pobre comunicación son sólo algunas de las razones por las que se hace necesario el almacenamiento *in situ*. La duración del almacenamiento *in situ* debería durar sólo unos pocos días, aunque, en condiciones impredecibles de clima, tales como nevadas severas, puede durar una semana o más. Por lo tanto, siempre es mejor anticiparse en la planeación. Idealmente, los responsables del proyecto deben llevar a campo solamente la cantidad de planta que puede ser plantada en un determinado día, para evitar la necesidad del almacenamiento *in situ*. Sin embargo, la distancia y otros factores de logística pueden dificultar que esto ocurra.

El sobrecalentamiento y la desecación son los dos principales tipos de estrés que pueden ocurrir durante el almacenamiento *in situ*. Sin embargo, debido a las significativas diferencias en la etapa de dormancia y el endurecimiento, las plantas recién cosechadas deben ser tratadas de manera diferente que las que provienen de almacenes con refrigeración.

7.6.3.1 Inspección de la producción

Como se discutió en el Capítulo 7.5, muchas cosas pueden ocurrir entre la cosecha de las plantas y su plantación. Por lo tanto, es una buena idea llevar a cabo una inspección detallada de las plantas cuando llegan al sitio de plantación. Todas las cajas deben abrirse para verificar lo siguiente (Mitchel *et al.*, 1990):

- La temperatura interior de las cajas en refrigeración debe revisarse al momento del envío (Figura 7.6.3A) y debe estar fresca, no mayor de 2 a 4°C (36 a 39°F). Las plantas enviadas en sus contenedores o para aquellas recién cosechadas, deben mantenerse tan frescas como sea posible y evitar la luz directa del sol.

- Si es posible, utilice una cámara (bomba) de presión para verificar el estrés por humedad de las plantas en una muestra (Figura 7.6.3B). (Los valores de PMP se pueden encontrar en el Capítulo 7.2).
- Las plantas del vivero no deben tener olores agrios ni dulces, lo cual es evidencia de que las plantas han estado excesivamente húmedas o cálidas.
- Los cepellones deben estar húmedos. Si las plantas tienen follaje, comúnmente debe ser de color verde intenso. Para especies con yemas terminales, éstas deben permanecer firmes.
- Verificar la firmeza de la corteza a nivel del cuello de la raíz. La corteza no se debe desprender con facilidad, y el tejido bajo la misma debe estar cremoso y no café o negro, lo cual implicaría daño por frío.
- Separe el follaje para verificar si existe micelio blanco o gris (Figura 7.6.3C), lo cual es evidencia de hongos del almacén, tales como *Botrytis cinerea*. En particular, revise el follaje de la base de la copa. Si el hongo está presente, te tiene que verificar la firmeza del tejido bajo la corteza. Si el tejido está suave o aguado, indica una pudrición y esas plantas deben ser desechadas. Las plantas con micelio superficial pero sin pudrición, deberán ser plantadas inmediatamente. Los hongos no sobreviven después de ser expuestos a las condiciones ambientales en el sitio.

7.6.3.2 Producción para la “plantación-caliente” y almacenadas a cielo abierto

Debido a que la producción para una “plantación caliente” no tiene una dormancia plena o bien endurecida, deben ser plantadas inmediatamente o almacenadas *in situ* por uno o dos días solamente. La clave para una plantación exitosa de este tipo, es una planeación cuidadosa y coordinación entre el vivero y los responsables del proyecto de plantación. Idealmente, las plantas recién cosechadas deben empacarse en forma vertical en cajas de cartón y sin cubierta plástica que

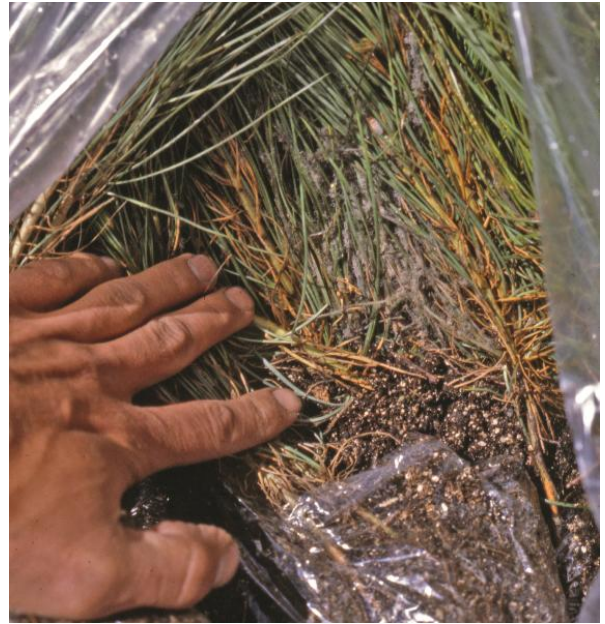
puede reducir el intercambio gaseoso y aumentar el calor por la respiración. Si las plantas son empacadas utilizando bolsas blancas, eso ayuda a reflejar la luz del sol y mantener las temperaturas bajas dentro de las cajas (Kiiskila, 1999).



A



B



C

Figura 7.6.3 La producción del vivero debe ser verificada desde el momento de la entrega hasta el sitio de plantación. Compruebe la temperatura de las plantas al interior de las cajas (A), y si es posible, mida el estrés hídrico de las plantas con una cámara de presión (B). Los mohos del almacenamiento pueden llegar a ser un problema serio en el almacenamiento en el sitio de plantación, por ello verifique la existencia de micelios grises o de otros colores al interior del follaje (C).

En el sitio de plantación, la parte superior de las cajas de cartón que contienen las plantas deben abrirse para disipar el calor y promover un buen intercambio de aire. Si no es posible hacer esto, las plantas deben colocarse en forma vertical en un área sombreada tan pronto como lleguen al sitio de plantación. Desafortunadamente, en muchos de los sitios de reforestación y restauración no se tiene acceso a la sombra de árboles y otros objetos naturales, pero aun cuando se tenga acceso a la sombra, es difícil mantener las plantas en la sombra todo el día (Figura 7.6.4A). Por lo tanto, se debe planear la colocación de alguna sombra artificial. Las lonas o malla sombra suspendida sobre algunos postes es efectiva (Figura 7.6.4B). Como se muestra en la Figura 7.5.12D en el capítulo previo, las lonas oscuras absorben y reflejan calor del sol (Emmingham *et al.*, 2002); por lo tanto, las lonas deben ser

suspendidas sobre las plantas para permitir una buena circulación del aire. Humedeciendo las lonas regularmente se puede lograr mantener el aire fresco a través del área de evaporación (Mitchell *et al.*, 1990).

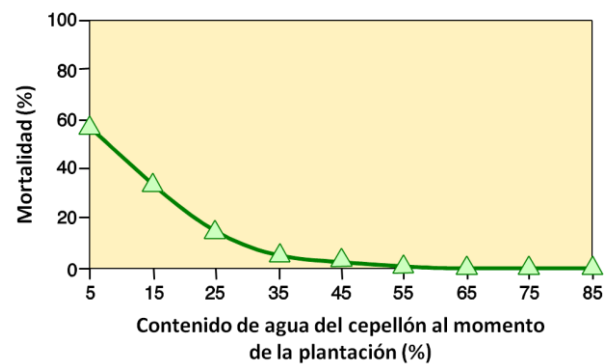
El estrés hídrico es otra preocupación en plantas almacenadas a cielo abierto o recién cosechadas, debido a que las plantas están transpirando durante el transporte y en el almacenamiento *in situ*. Al igual que con la respiración, la tasa de transpiración está en función de la temperatura, pero la luz intensa del sol es igualmente importante. Por lo tanto, tiene sentido revisar que los cepellones estén completamente mojados y no se encuentren bajo ningún estrés por humedad, inmediatamente antes de la plantación. El riego de las plantas en contenedor en el sitio de plantación no se realiza comúnmente pero investigaciones recientes con plantas recién cosechadas de *Betula* spp. y *Picea* spp., mostraron que el riego antes de plantar, incrementó significativamente la supervivencia (Figura 7.6.4C). Así, el mejor sitio para almacenamiento de plantas recién cosechadas debe tener acceso a una buena fuente de agua (Figura 7.6.4D), debido a que los riegos frecuentes requieren grandes volúmenes de agua (Mitchell *et al.*, 1990).



A



B



C



D

Figura 7.6.4 Toda la producción del vivero debe colocarse bajo sombra en el sitio de plantación, aunque considere que la sombra natural se mueve con el sol (A). La sombra artificial con lonas o mallas sombra es requerida en muchos sitios (B). El riego de las plantas previo a su plantación ha probado ser benéfico para la “plantación caliente” de *Betula pendula*, en sitios secos (C), por lo que es necesario proveerse de una fuente de agua para riego (D).

7.6.3.3 Producción del almacenamiento refrigerado

Las plantas que son transportadas desde un almacén frío o congelado deben ser tratadas de forma diferente que las plantas recién cosechadas o almacenadas al aire libre, debido a que aquellas se encuentran en dormancia plena y endurecidas, y que, idealmente, deben ser mantenidas en esta condición hasta la plantación. Por ello, siempre que sea posible se deben utilizar furgones refrigerados (“reefers”) para transportarlas al sitio de plantación o para su almacenamiento *in situ* (Figura 7.6.5A). Cada camión debe pasar por una revisión mecánica antes de usarlo, y la caja de almacenamiento debe ser pre-enfriada poniendo en operación el compresor al menos de 4 a 6 horas antes (Paterson *et al.*, 2001). Es conveniente tener un plan alternativo para prevenir fallas mecánicas.

Los refugios de nieve, oquedades o cobertizos cubiertos con nieve y materiales aislantes como el aserrín o la paja (Figura 7.6.5B), se han estado usando con mucho éxito como almacenes *in situ*, donde las condiciones lo han permitido (Paterson *et al.*, 2001). En un estudio realizado en Canadá, un inmueble hecho a la medida y cubierto con material aislante resultó efectivo como almacén para proteger las plantas en contenedor de sufrir daños, ya sea por heladas o por sobrecalentamiento (Zalasky, 1983).



A



B

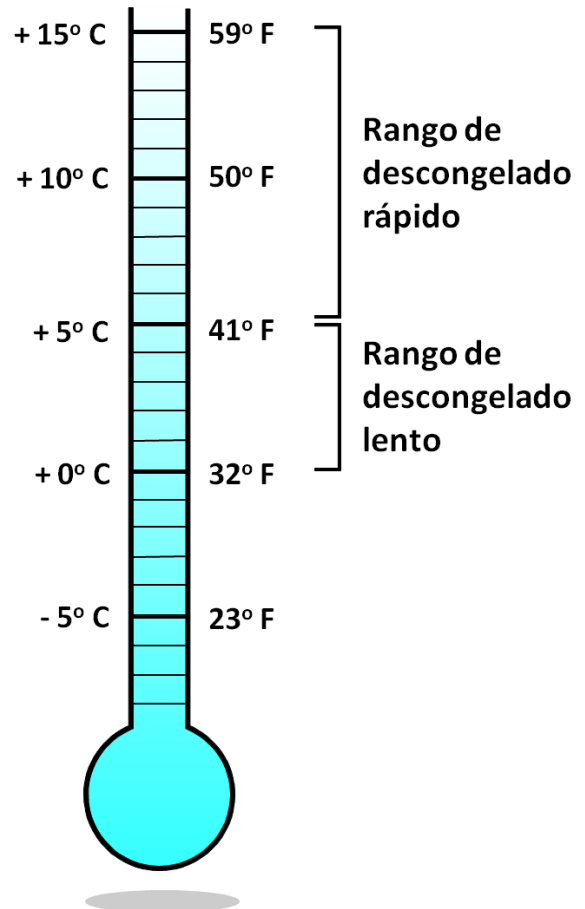
Figura 7.6.5 La producción proveniente de un almacenamiento refrigerado debe mantenerse en un furgón refrigerado (A), en estructuras aisladas o refugios de nieve (B) hasta su plantación.

En caso de romperse durante el proceso de manejo y envío, las bolsas o cajas conteniendo las plantas que fueron almacenadas, ya sea en refrigerador o en construcciones protegidas con material aislante, deben arreglarse y conservarse cerradas. La temperatura dentro de las cajas o bolsas puede estar mucho más cálida que la temperatura del exterior, debido a que las plantas producen calor durante la respiración. Conforme la temperatura aumenta dentro de las bolsas o cajas, también sube el nivel de la respiración, lo cual hace que se eleve la temperatura aún más. Por lo tanto, la temperatura dentro de las cajas o bolsas se debe supervisar el día de la entrega y todos los días posteriores (Figura 7.6.3A). Asegúrese de que la temperatura dentro de la caja permanezca por arriba del grado de congelación, pero por debajo de 10 °C (50°F) (Rose y Haase, 2006). Si la planta de vivero es expuesta a temperaturas cálidas durante un largo periodo de tiempo, las pruebas estándares de calidad de planta (el potencial de crecimiento de la raíz, la fluorescencia de la clorofila, y la resistencia al frío), y la concentración de etanol dentro del contenedor, demostraron ser lo más acertado para predecir el comportamiento de las plantas (Maki y Colombo, 2001). (Ver el Capítulo 7.2 para más información sobre las pruebas de calidad de la planta).

También es prudente cerciorarse y ver dentro de algunas de las cajas que no haya señales de hongos del almacén tales como *Botrytis cinerea* (Figura 7.6.3C). Esta enfermedad tan común en los viveros, puede desarrollarse rápidamente después del almacenamiento bajo refrigeración, probablemente debido al aumento de los niveles de bióxido de carbono dentro de las cajas y bolsas (Ver el Volumen Cinco para más información).

Descongelado de la producción. Las plantas con cepellones congelados y empalmados deben descongelarse antes de su plantación. Algunos clientes solicitan que antes de enviarles sus plantas estén descongeladas, sea con un proceso “rápido” o “lento” (Figura 7.6.6A). Sin embargo, la definición de “lento” y “rápido” varía considerablemente (Cuadro 7.6.1). Originalmente, el descongelado lento era considerada la mejor opción (por ejemplo, Mitchell *et al.*, 1990), y se hacía tradicionalmente en el vivero. Algunas investigaciones recientes que compararon las dos técnicas de descongelado, no encontraron diferencias después de dos temporadas de crecimiento (Rose y Haase, 1997). En la mayor parte de una investigación fisiológica exhaustiva sobre el descongelamiento de las plantas (Camm *et al.*, 1995), la prueba de resistencia al frío demostró que la planta descongelada rápidamente estaba más lignificada y también reanudó el crecimiento de la yema más pronto, que las plantas descongeladas lentamente. Más aún, las mediciones del crecimiento del tallo y de la raíz después de tres meses resultaron similares. Estos resultados sugieren que un buen procedimiento en la operación sería sacar los paquetes de plantas congeladas fuera de los contenedores en que se envían, y dejarlos tendidos sobre el suelo, o bien abrir las cajas o bolsas (Figura 7.6.6C) dentro de un espacio sombreado y bien ventilado. Nunca se deben descongelar las plantas poniéndolas a la luz directa del sol (Figura 7.6.6B), porque puede llegar a causarles un serio problema de estrés hídrico y por temperatura. Tampoco trate de separar los cepellones congelados pues les causarían serios daños (Mitchell *et al.*, 1990).

Descongele únicamente la planta que puede ser plantada dentro de los dos próximos días. La situación ideal es la de establecer una operación de descongelado, donde la planta se saque del almacén refrigerado y se descongele en un cobertizo sombreado adyacente (Figura 7.6.6D).





C



D

Figura 7.6.6 La producción del vivero debe ser cuidadosamente descongelada a temperaturas cálidas por 24 a 48 horas (A). Nunca debe exponerse la planta a luz solar directa (B), aunque pueden dejarse bolsas y cajas abiertas (C) en un lugar sombreado (D). (A, modificado de Paterson et al., 2001).

Plantación de plantas congeladas. Si se establecieron las plantas del vivero con los cepellones congelados, se ahorraría el tiempo y esfuerzo que se requieren para descongelarlas. Hace algunos años esto no se podía hacer debido a que los cepellones se congelaban todos juntos; hoy en día se cuenta con la tecnología para empacar las plantas individualmente. Sin embargo, los resultados obtenidos en pruebas en campo se contraponen unas a otras. En la Columbia Británica, el desempeño de las plantas de *Larix occidentalis*, *Pinus contorta*, y *Picea* spp. que fueron plantadas al estar congeladas, no fue significativamente diferente de las plantas descongeladas después de 2 años de la plantación (Kooistra y Bakker, 2005). Otros

estudios indican que las condiciones del sitio de plantación tienen un efecto primordial. En un estudio de plantación llevado a cabo en Finlandia, el desempeño de plantas descongeladas de *Picea abies*, sobrepasaron a las congeladas en cuanto a supervivencia y crecimiento de tallo y raíz, tanto en suelos cálidos como fríos (Helenius, 2005). En un estudio más reciente, se monitorearon los procesos fisiológicos de plantas descongeladas y congeladas de *Pseudotsuga menziesii* en contenedor, que estuvieron expuestas a condiciones de clima “fresco y húmedo” o “cálido y seco”. Las plantas descongeladas tuvieron más altos los niveles de fotosíntesis y sus yemas y raíces estuvieron más activas que las plantas que fueron plantadas estando congeladas, lo cual podría afectar el subsecuente desempeño de la plantación (Islam et al., 2008). Obviamente, se requiere de más investigación y pruebas en una gran diversidad de condiciones de sitios de plantación, antes de poder recomendar la plantación de la planta congelada.

Cuadro 7.6.1 Regímenes comunes de descongelado para la producción en contenedor.

Velocidad de descongelamiento	Referencia	Temperaturas	Duración
Descongelado lento		5 °C (41 °F)	7 días
	Camm <i>et al.</i> (1995)	Seguido de	
		15 °C (59 °F)	2 días
	Rose y Haase (1997)	0 a 3 °C * (32 a 37 °F)	42 días
	Kooistra y Bakker (2002)	0 a 3 °C * (32 a 37 °F)	21 a 35 días
Descongelado rápido	Camm <i>et al.</i> (1995)	22 °C (72 °F)	2 a 5 horas
	Rose y Haase (1997)	7 °C (45 °F)	5 días
	Kooistra y Bakker (2002)	5 a 10 °C * (41 a 50 °F)	5 a 10 días

* Condiciones operacionales de almacenamiento frío

7.6.4 Preparativos para la plantación

Antes de que la plantación sea una realidad, se deben tomar en cuenta algunos preparativos para asegurarse de que el proyecto opere exitosamente.

7.6.4.1 Revisión de la humedad y temperatura del suelo

La humedad del suelo juega un papel vital en la absorción y translocación de los nutrientes, y puede llegar a ser una influencia muy importante para la supervivencia y crecimiento de la planta (Helenius *et al.*, 2002). Después de la plantación, el sistema radical debe ser capaz de absorber del suelo circundante suficiente agua para satisfacer las demandas de transpiración del tallo. Si la humedad del suelo no es la adecuada, la planta recién establecida puede llegar a estresarse, lo que se reflejará en la reducción del crecimiento y aumentará la mortalidad. En plantas recién establecidas pueden llegar a presentarse menores tasas fotosintéticas por la falta de humedad, lo que dará como resultado una menor capacidad para regenerar sus raíces (Grossnickle, 1993). Idealmente, el potencial hídrico del suelo en los 25 cm (10 in) superiores debe ser mayor que -0.1 MPa, al momento de la plantación (Cleary *et al.*, 1978; Krumlik *et al.*, 1984).

La temperatura del suelo tiene un profundo efecto sobre el desarrollo de la raíz (Balisky y Burton, 1997; Domisch *et al.*, 2001; Landhäusser *et al.*, 2001). El rango de la temperatura ideal del suelo para el crecimiento de la raíz es de 5 a 20 °C (41 a 68°F) (Figura 7.1.5B), por lo que tal vez la plantación deberá posponerse hasta que la temperatura del suelo aumente. Cuando la demanda de la transpiración es alta pero el frío del suelo limita la absorción del agua, las plantas pueden experimentar una “sequía fisiológica” que puede limitar la supervivencia y el crecimiento (Mitchell *et al.*, 1990). En Ontario, Canadá, los proyectos de plantación no inician sino hasta que la temperatura del suelo supera los 5 °C (41 °F).

7.6.4.2 Monitoreo de la humedad, la temperatura del aire y la velocidad del viento

Las condiciones del clima al momento de la plantación tienen un efecto directo sobre el estrés hídrico de la planta. Aunque tanto el aumento de la temperatura del aire como el aumento de la velocidad del viento afectan la transpiración, los efectos del viento son más difíciles de cuantificar. Las condiciones llegan a ser críticas cuando la temperatura del aire excede los 25 °C (78 °F) y la humedad relativa es menor del 30 % (Paterson *et al.*, 2001). La humedad relativa no tiene tanta influencia sobre las tasas de evapotranspiración como lo tiene el déficit de presión de vapor, que es la diferencia entre la cantidad de agua que el aire puede contener en una temperatura específica, y la cantidad de agua al nivel de saturación. Algunos ejemplos de estos cálculos se pueden encontrar en Cleary *et al.* (1978). Por lo tanto, es mejor realizar la plantación durante las primeras horas de la mañana, cuando la temperatura del aire es más fresca y la velocidad del viento es baja. Cuando el clima es soleado, ventoso o seco, es necesario incrementar las precauciones para minimizar el estrés de la planta; en casos extremos la plantación deberá suspenderse.

7.6.4.3 La exposición del sitio y secuencia de la plantación

Las condiciones varían dependiendo de los lugares en que se encuentra el área de plantación, especialmente en terrenos montañosos. La exposición, o la dirección de la luz solar sobre las laderas de las montañas, es uno de los factores más importantes que afectarán el éxito de la plantación. Las exposiciones sur y oeste, presentan un ambiente más caliente y más seco que las exposiciones norte y este, por lo que deberán plantarse primero. A menudo se requiere sombrear las plantas en estas exposiciones (Ver la siguiente sección). Los venados y alces frecuentan los sitios ubicados al sur y oeste para pastar durante el invierno, por lo que

también deberá tomarse en cuenta este impacto sobre la plantación (USDA Forest Service, 2002).

Es necesario considerar el acceso y la distancia de transportación desde el almacén *in situ*. Generalmente es una buena idea comenzar la plantación en la ubicación más alejada, y terminarla dirigiéndose hacia los caminos de acceso.

7.6.4.4 Riego de plantas y protección de raíces

La práctica de sumergir en un medio húmedo las raíces de las plantas para protegerlas del estrés durante la plantación se ha llevado a cabo durante muchos años, porque resulta atractiva por intuición, especialmente para las plantas a raíz desnuda. Las raíces de las plantas de vivero se secan en cuanto son expuestas a la atmósfera durante la cosecha y el manejo, por lo que resulta lógico rehidratarlas o aplicarles alguna cubierta para protegerlas (Chavasse, 1981). Existen en el mercado muchos y muy diversos productos especiales para rehidratar las raíces; la mayoría son hidrogeles súper absorbentes. Estos polímeros entrelazados pueden absorber y retener muchas veces su propio peso en agua y se aplican rutinariamente sobre las plantas a raíz desnuda, como cubierta húmeda de las raíces. Existe poca investigación sobre los beneficios de los hidrogeles para las plantas producidas en contenedor. Sin embargo, en un estudio reciente efectuado con plantas de Eucalipto donde se sumergieron los cepellones en un hidrogel, éstas presentaron significativamente menor mortalidad a los cinco meses de haber sido plantadas, en comparación con los controles. El autor atribuye este resultado al aumento de la humedad del suelo o al contacto entre el cepellón y el suelo que lo rodeaba (Thomas, 2008). Sería interesante ver más investigación sobre este tema.

El cepellón ya deberá estar húmedo cuando se desempaquen las plantas. Si no es así, una rápida inmersión sería lo adecuado para proteger las raíces de la desecación, porque, como se demuestra en la Figura 7.6.4C, el riego

de los cepellones antes de plantar, ha probado ser benéfico.

7.6.4.5 Preparación del sitio de plantación

Los árboles y otras plantas nativas difieren en su necesidad de luz solar y de otros recursos del sitio para regenerarse con éxito. La preparación del sitio para remover la vegetación competidora y otros desperdicios del sitio, tiene varios beneficios (USDA Forest Service, 2002). Biológicamente, mejora la supervivencia y crecimiento de las plantas de vivero al reducir la competencia de la vegetación por los nutrientes, el agua y la luz solar. Las raíces de otras plantas ya existentes ya están ocupando un lugar en el suelo, por lo que fácilmente pueden reducir la supervivencia de las plantas recién establecidas (Figura 7.6.7A). Operativamente hablando, la preparación del sitio facilita el proceso físico de la plantación al reducir los desperdicios en la superficie del sitio y remover la capa con pastos y malezas. La remoción de plantas leñosas y herbáceas alrededor de plantas de *Pseudotsuga menziesii*, tuvo como resultado un incremento de hasta tres veces el volumen del fuste después de ocho años, en comparación con plantas sin que hubiera control de la vegetación (Rose y Rosner, 2005).

La preparación del sitio al momento de la plantación puede hacerse por medios mecánicos (rastreo o montículos) o químicos (Ver la Sección 7.6.4.6).

Rastreo. El rastreo es la remoción física de pastos, maleza, pequeños arbustos y desechos orgánicos que hubiera cerca de las cepas (hoyos) de plantación (Figura 7.6.7B); sin embargo, no es efectivo para la eliminación de plantas grandes y leñosas que son difíciles de quitar. La eliminación de desechos orgánicos alrededor de las cepas de plantación asegura que las raíces estarán en contacto con el suelo mineral. Las plantas de vivero establecidas entre materia orgánica se secan rápidamente y con frecuencia mueren (Grossnickle, 2000). El rastreo puede también reducir la frecuencia de daños por la sequía, debido a la reducción de la competencia por la humedad (Barnard *et al.*,

1995; Nilsson y Orlander, 1995). Sin embargo, cuando la luz del sol es el factor limitante, el rastreo puede disminuir el crecimiento debido a la reducción de la humedad y los nutrientes disponibles (Miller y Brewer, 1984).

El rastreo se puede realizar usando algunas de las herramientas de plantación tales como azadones (Figura 7.6.7C). Con otros implementos de plantación tales como taladros, este trabajo se hace antes de la plantación. Los contratos de plantación con mucha frecuencia incluyen las especificaciones del tamaño y profundidad del rastreo. Por ejemplo, el Servicio Forestal exige que toda la vegetación sea quitada de un área de 30 a 60 cm (12 a 24 in) alrededor de la cepa de plantación y de 2 a 5 cm (1 a 2 in) de profundidad. En los sitios expuestos a la sequedad, los desechos como la hierba, mantillo y la madera podrida se vuelven a colocar sobre la superficie limpia para que sirvan como cobertera (USDA Forest Service, 2002). El rastreo puede definitivamente reducir la productividad de la plantación, aunque la experiencia operativa en el Estado de Oregón encontró que un buen plantador con azadón puede incluso preparar y plantar 850 árboles por día (Henneman, 2007).

El rastreo continuo (discando o escarificando), se lleva a cabo con equipo tirado por un tractor, o con un equipo autopropulsado. El barbechador Bräcke se monta en la parte frontal de una toma de fuerza anclada sobre tres puntos, permitiendo al operador seleccionar claros individuales. Dos discos que van lado a lado, están aproximadamente a 2.5 m (8 ft) de distancia uno del otro, con un espacio de 2 m (6.5 ft) entre cada hilera. Dependiendo del terreno y de la densidad deseada de rastreo, el rendimiento varía de 0.5 a 2.0 ha (1.2 a 4.8 acres) por hora (Converse, 1999). El barbecho con rastra de discos, que produce un surco poco profundo de cerca de 0.6 a 0.9 m (de 2 a 3 ft) y de 5 a 10 cm (de 2 a 4 in) de profundidad, ha demostrado ser esencial para la plantación de *Pinus palustris* en granjas abandonadas en el sureste de los Estados Unidos (Shoulders, 1958). Barnard *et al.* (1995)

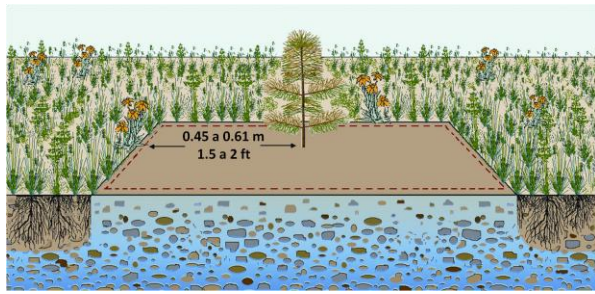
encontró que los rastreos continuos son benéficos por las siguientes razones:

- Reduce la competencia de las malezas
- Mejora la disponibilidad de humedad en el suelo
- Menor daño debido a los patógenos en la raíz e insectos
- Incrementa la eficiencia de la plantación

Los beneficios del rastreo cambian dependiendo del sitio y si se decide o no el rastreo durante la fase de planeación, en cualquier proyecto de plantación. En sitios dominados por el pasto en el interior de la Columbia Británica, el rastreo redujo la evapotranspiración y mejoró la humedad del suelo, lo que permitió una mejor supervivencia y crecimiento de plantas de coníferas (Figura 7.6.7D). En Oregón, el incremento del tamaño del rastreo dio como resultado un importante incremento en volumen del fuste, después de cuatro años (Rose y Rosner, 2005). Por otro lado, en los lugares de reforestación boreal en el norte de la Columbia Británica, donde la competencia de las plantas no es mucha, el tiempo invertido y el gasto del rastreo no mejoraron el desempeño de la plantación (Campbell *et al.*, 2006).



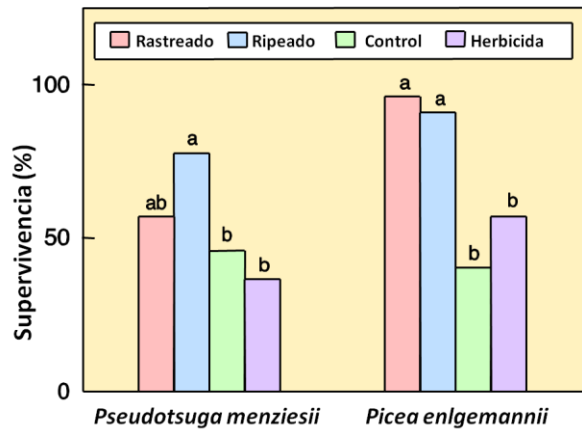
A



B



C



D

Figura 7.6.7. Las plantas existentes en el sitio compiten por humedad con la producción del vivero plantada (A); el barbecho es la remoción física de las plantas y escombros orgánicos alrededor de la cepa (B). La preparación del sitio puede ser realizada con el equipo de plantación, como el azadón plantador (C). En sitios de reforestación dominados por malezas, la preparación del sitio con equipo manual mejoró la supervivencia de plantas de coníferas, comparado con el ripeo, la aplicación de herbicidas o del control sin tratamiento (D) (D, modificado de Fleming *et al.*, 1998).

Montículos. En las áreas boreales y en otros sitios de plantación con temperaturas frías, la lenta descomposición de la materia orgánica forma una gruesa capa de sedimento en la superficie, que pudiera impedir el establecimiento de la planta. La palabra “montículo” es un término general que se usa para describir una forma de preparar el sitio que se puede relacionar con varios factores potencialmente limitantes: la competencia de la vegetación, las temperaturas frías del suelo, la pobre aireación en los sitios húmedos, y las deficiencias de nutrientes. Sin embargo, el término montículo aplica a una serie de tratamientos mecánicos del sitio que pueden ofrecer una amplia variedad de consecuencias biológicas. Sutton (1993) nos da una detallada discusión sobre este tema, y de cómo se ha usado en todo el mundo.

Para nuestro propósito, definiremos montículo como la excavación mecánica que se hace para voltear el suelo con desechos orgánicos para crear montones separados unos de otros, y que serán más altos que el terreno existente. Formados con varias capas espesas de material orgánico en descomposición, los montículos consistirán de una capa de suelo mineral, colocada sobre una capa doble de humus (Figura 7.6.8A). Aunque originalmente los montículos se hacían manualmente; se han desarrollado un buen número de implementos mecánicos para acelerar el proceso. Por ejemplo, el *Brücke Moulder* es una escarificadora operada hidráulicamente que consiste de una pala, seguida por una herramienta para formar montículos que utiliza suelo de las áreas rastreadas. Esta máquina ampliamente usada en Canadá y Escandinavia, produce montículos de 16 a 26 cm (6 a 10 in) de alto con 3 a 19 cm (de 1 a 7 in) con una capa de suelo mineral. En otros estudios se han usado arados modificados con lados que van formando montículos, generando una cresta continua (Sutton, 1993).

Los resultados de los montículos han sido generalmente favorables, al menos a corto plazo. Por ejemplo, comparados con los tratamientos de escarificación y herbicidas, los

montículos producen resultados concretos, consistentes y positivos para *Pinus banksiana*, en sitios dominados por pastos (Sutton y Weldon, 1993). La mayoría de las investigaciones tienen que ver con coníferas, pero en un estudio reciente se encontró que plantar sobre montículos resultó una alternativa efectiva para dejar los herbicidas para plantar encinos pedunculados (*Quercus robur*) en sitios anegados (Lof *et al.*, 2006). Por el contrario, Sutherland y Foreman (2000) encontraron que la plantación sobre montículos producía menor crecimiento en *Picea mariana*, en comparación con tratamientos repetidos a base de herbicidas. Los montículos también han ayudado a reducir los daños causados por el gorgojo del pino europeo (*Hylobius abietis*), una de las plagas de mayor regeneración en los bosques del norte de Europa. Debido a que reduce el daño por consumo del gorgojo, los montículos son comunes en el 20 % de las plantaciones del *Picea abies* en Finlandia (Heiskanen y Viiri, 2005).

El método de los montículos ha sido criticado desde puntos de vista estéticos y ecológicos, y porque puede tener un efecto negativo sobre otros valores del bosque, tales como la recreación (Lof *et al.*, 2006). Por lo tanto, como se hace con cualquier otro tratamiento de preparación, el método de montículos necesita ser cuidadosamente evaluado dependiendo del sitio y compararlo con otras opciones de preparación del sitio.

Volteo del suelo. Este método de preparación del sitio es relativamente nuevo; se usa una excavadora para crear puntos de plantación que contengan humus invertido cubierto por suelo mineral suelto, sin tener que hacer montículos ni bordos (Figura 7.6.8E). Investigaciones hechas en Suecia con *Picea abies* y *Pinus contorta* demostraron que voltear el suelo daba como resultado una mayor supervivencia, así como un mayor crecimiento en el volumen del fuste después de 10 años, en comparación con los métodos de arado, los montículos, rastreado con discos o dejando sin escarificar el sitio de plantación (Orlander *et al.*, 1998). En otra

investigación subsecuente realizada con el *Picea abies*, se confirmó que voltear el suelo aumentó la supervivencia de las plantas, en comparación con los montículos o controles sin escarificar. También se midieron los efectos ambientales y sobre la apariencia y comparado con los montículos, el volteo del suelo redujo la alteración del contorno de un 40 a sólo un 15 % (Hallsby y Orlander, 2004).

Preparación del sitio y expulsión de las plantas por el hielo. La expulsión de las plantas de vivero recién plantadas es un problema serio en los sitios donde se repiten constantemente los ciclos de congelamiento y deshielo. La expulsión es un proceso puramente mecánico a través del cual las plantas u otros objetos son empujados hacia fuera del suelo, debido al constante congelamiento y descongelamiento (Goulet, 1995). Todas las plantas de vivero son susceptibles a este proceso, pero, debido a las paredes lisas de los cepellones, las plantas producidas en contenedor son particularmente vulnerables.

Los sitios con más tendencia a la expulsión de las plantas tiene un alto contenido de humedad, y su textura es buena para la conductividad hidráulica (Bergsten *et al.*, 2001). La tendencia a la expulsión de las plantas aumenta conforme el tamaño de los poros disminuye, por lo que los suelos limosos y arcillosos son los más problemáticos. Algo similar sucede en los sitios ubicados al sur y suroeste debido a que la alta exposición de los rayos del sol, intensifica los ciclos de congelamiento y deshielo y por ende, incrementa la expulsión de las plantas.

La condición fisiológica de la planta al momento de su establecimiento puede tener un efecto importante en la expulsión; las plantas que presentan rápido crecimiento en sus raíces (Figura 7.6.8B) se encontrarán físicamente ancladas al suelo y por lo tanto, serán menos susceptibles. El temor a la expulsión de las plantas es una de las razones más importantes por las que se descarta la plantación a fines del otoño. En la planta de vivero que se planta tan tarde, las raíces nuevas no llegan a anclarse al

suelo, por lo que estará más vulnerable a ser expulsada (Figura 7.6.8C). Sin embargo, en un estudio donde la plantación fue tardía, las plantas no sufrieron más daño, comparadas con aquéllas que fueron plantadas más temprano (Sahlen y Goulet, 2002).

Los tratamientos de preparación del sitio tienen un efecto importante con respecto a la expulsión de las plantas. Cuando se escarifica el micrositio de plantación, aumenta el potencial para la expulsión de las plantas, dado que la capa protectora de humus y vegetación que las rodeaba ha sido eliminada, permitiendo que las temperaturas durante el día fluctúen mucho más. Por otro lado, con los montículos se debe reducir la expulsión de las plantas porque con ellos se dispone de un mejor drenaje, evitando que suba el agua por capilaridad (Bergsten *et al.*, 2001). Una investigación realizada sobre el efecto que la posición de la plantación tiene con respecto a la expulsión de las plantas, demostró que la expulsión era considerablemente más alta en los hoyos donde el agua salía a la superficie y se congelaba, formando capas congeladas que se adherían a la planta. Sobre los montículos, la expulsión de las plantas fue tan baja, como donde no se había removido la capa de humus (Figura 7.6.8D). Aunque se ha sugerido la plantación profunda como una manera en que la raíz tenga un mejor anclaje, no resultó efectiva en este mismo estudio (Sahlen y Goulet, 2002).

7.6.4.6 Aplicación de herbicidas (“eliminación química”)

La preparación mecánica del sitio consume mucho tiempo y por lo tanto es un método de preparación caro. Otra opción es eliminar la vegetación competitiva cerca de los lugares de plantación con herbicidas utilizados previos a la plantación. El glifosato (Roundup®) de uso general, mata toda clase de plantas en el área tratada pero tiene muy pocos efectos ambientales, y ninguna acción residual. Al erradicar las plantas antes de iniciar con el proyecto de plantación, hacemos que la humedad del suelo se conserve en su mismo sitio y estará rápidamente disponible para ser absorbida por la planta de vivero recién

plantada (Figura 7.6.9B), que de otra manera se perdería debido a la transpiración de las malezas (Figura 7.6.9A). En los sitios de reforestación que se encuentran ubicados al norte de las montañas de California, el herbicida hexazinone (Velpar®) se aplica de uno a dos años antes de iniciar el proyecto de plantación, para deshacerse de los arbustos y otra vegetación competitiva (Frederickson, 2003). Dos años de intenso control de la vegetación fueron fundamentales para obtener una reforestación exitosa en las tierras de Weyerhaeuser en el Estado de Washington (Talbert, 2008).

Se reportó temor por la fitotoxicidad del metilo sulfameturon (Oust XP®) en plantas de *Pseudotsuga menziesii*, *Tsuga heterophylla*, y *Thuja occidentalis* de la zona costera del estado de Oregon. Aunque al principio el crecimiento de la raíz se vio restringido debido al herbicida, no se observaron efectos importantes de 9 a 21 meses después, revelando que la fitotoxicidad permaneció por muy corto tiempo (Burney y Jacobs, 2009).

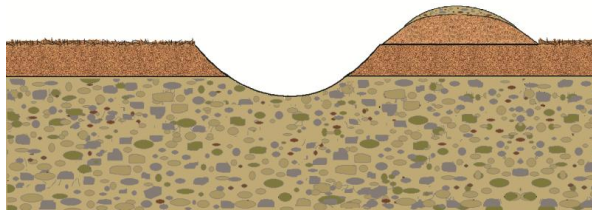
Los herbicidas no solamente eliminan la pérdida de agua debido a la transpiración de las plantas, además forman una capa de materia orgánica muerta, que reduce la evaporación en la superficie. El control de la vegetación con herbicidas ha mostrado un incremento subsecuente en la supervivencia y crecimiento de la plantación. En un experimento donde se evaluaron tres niveles del control de la vegetación mediante eliminación química, se incrementó significativamente el volumen del fuste, el diámetro basal y la altura de las plantas en cuatro de cinco sitios donde aumentaba el área de control de malezas, y la magnitud de las diferencias entre los tratamientos aumentó con el tiempo (Rose y Ketchum, 2002). La aplicación de herbicidas también puede ser efectiva para reducir los riegos de fuego, así como para erradicar las plantas no nativas.

El mejor método para la aplicación de los herbicidas depende del tipo de proyecto. Para proyectos de reforestación o de restauración en

grandes extensiones de terreno, la aplicación aérea con helicóptero es eficiente y costeable. Para proyectos de plantación forestal, los herbicidas pueden ser rociados en hileras desde vehículos todo-terrenos (ATVs) o por medio de rociadores adheridos al equipo de arado. Para los proyectos pequeños, los herbicidas pueden ser aplicados con mochilas rociadoras por una persona entrenada, para seleccionar los lugares específicos de plantación.



B



A

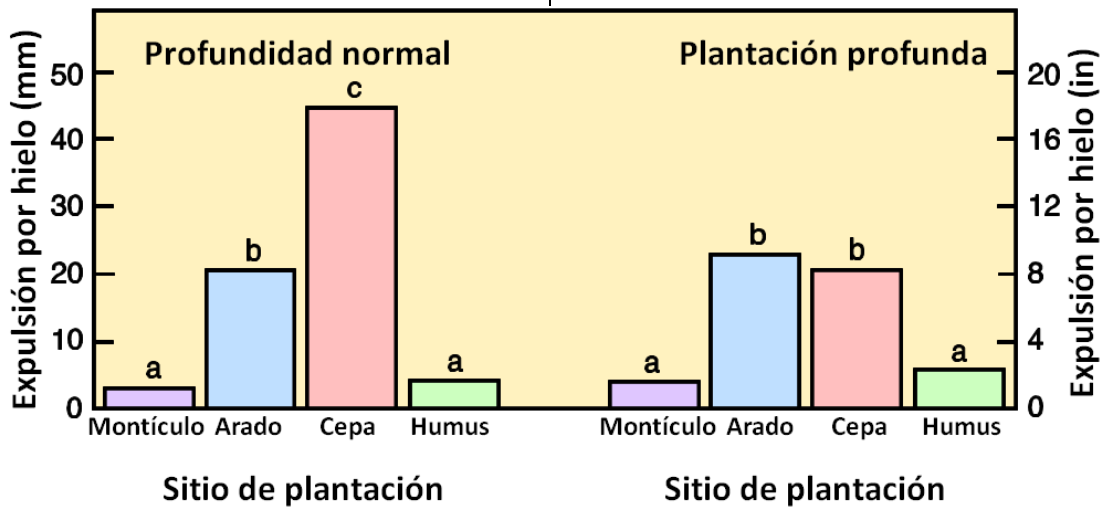
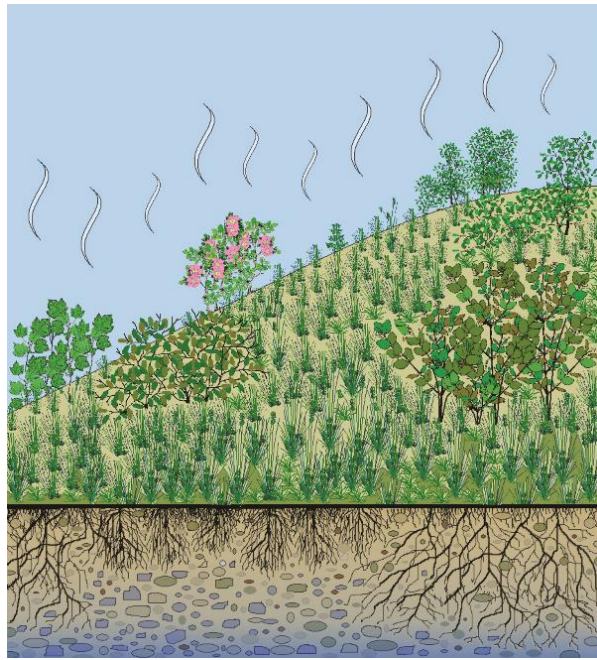
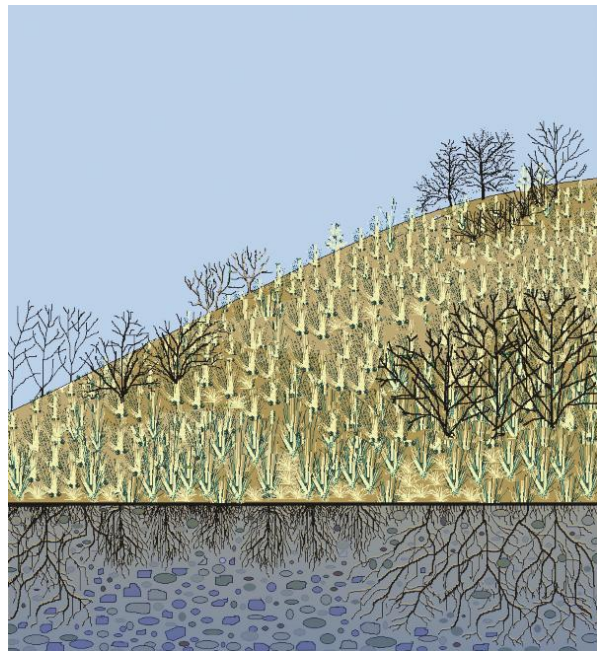


Figura 7.6.8 En sitios boreales con capas pesadas de sedimento o en suelos anegados, los montículos han probado beneficiar la supervivencia y crecimiento de la planta (A). Las plantas que pueden desarrollar rápidamente nuevas raíces (B) serán menos susceptibles a la expulsión por congelamiento (C). Los montículos han probado ser efectivos cuando las plantas son colocadas en la punta del montículo y no en la cepa (D). El volteo del suelo logra algunos de los beneficios que los montículos, aunque tiene una apariencia mucho más aceptable (E). (B, cortesía de Cheryl Talbert; D, modificado de Sahlen y Goulet, 2002).



A



B

Figura 7.6.9 Cuando la competencia vegetativa es eliminada con herbicidas, previo a la plantación (A), la humedad del suelo que habría sido perdida por la transpiración, es conservada en el sitio (B).

7.6.4.7 Preparación del sitio para plantaciones de restauración

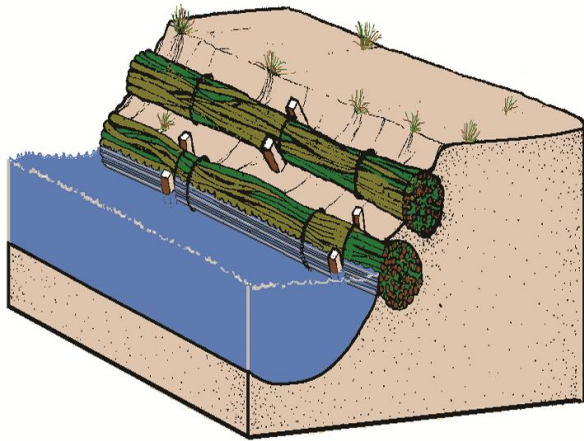
En sitios para plantaciones de restauración, el severo disturbio puede requerir una preparación del sitio inusual para crear micrositos de plantación adecuados. Después de la erupción del Monte Santa Elena en el estado de Washington, se planteó el gran desafío de reforestar 60,700 ha (150,000 acres) de terrenos forestales (Figura 7.6.10A). Los experimentos mostraron que las plantas deberían ser establecidas en el suelo mineral para que puedan sobrevivir, lo que significaba excavar de 30 a 60 cm (de 1 a 2 ft) de profundidad en ceniza volcánica, y en cada uno de los puntos de plantación (Figura 7.6.10B). En muchos casos, los sitios de plantación deberían pasar por una complicada estabilización antes de que se llevara a cabo la plantación. Debido a sus laderas abruptas y el poder erosivo del agua, era necesario estabilizar las orillas de los riachuelos utilizando estructuras de bioingeniería, antes de que se pudieran revegetar (Figura 7.6.10C). Los troncos leñosos de los sauces o de otras especies ribereñas utilizadas en las estructuras, eventualmente retoñarán (Figura 7.6.10D) y proporcionan una rápida revegetación (Hoag y Landis, 2001).



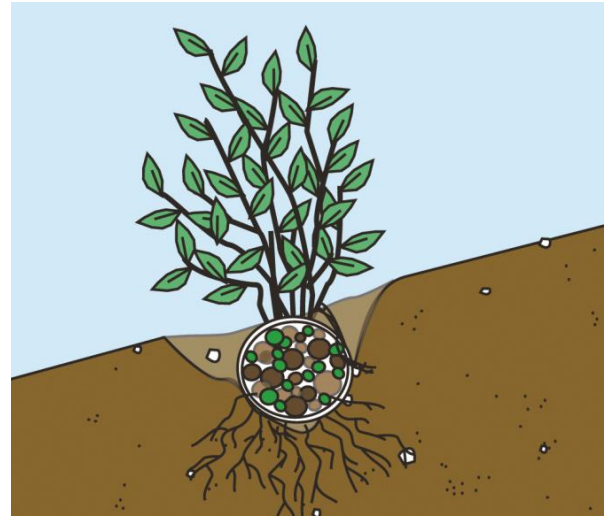
A



B



C



D

Figura 7.6.10 La restauración de sitios requiere una preparación especial y algunas veces extrema antes de que éstos sean plantados. La zona de explosión del Monte Santa Elena en el Estado de Washington fue cubierta con ceniza volcánica (A), la cual tuvo que ser excavada y removida de forma tal que las plantas pudieran ser establecidas en el suelo mineral (B). Los taludes de los arroyos comúnmente requieren estructuras bio-ingenieriles (C) para su estabilización; cuando son utilizados esquejes de sauces, éstos pueden brotar rápidamente (D) (D, cortesía de Steinfeld *et al.*, 2008).

7.6.5 Selección del espaciamiento y patrón de plantación

El patrón y espaciamiento de las plantas son un claro reflejo de los objetivos de cada proyecto. En proyectos forestales industriales, donde la producción de madera es el objetivo más importante, se establece un número específico de plantas por área en un patrón de espaciamiento regular (Figura 7.6.11A) basándose en las tasas de supervivencia esperadas y en las leyes que gobiernan el número de plantas que crecerán libremente después de un periodo de tiempo específico. La mayoría de los proyectos de plantación tendrán muy claro el número deseado de plantas establecidas por unidad de área (Cuadro 7.6.2). Estos objetivos de densidad se deben considerar como una guía general y nunca deberán sobrepasar los puntos de plantación seleccionados en las áreas biológicamente deseables (Paterson *et al.*, 2001).

Sin embargo, donde la restauración ecológica es el objetivo, el espaciado informal, la plantación aleatoria de plantas individuales (Figura 7.6.11B), o la plantación en grupos al azar (Figura 7.6.11C), es algo más representativo de los patrones de vegetación natural.

El mejor lugar para plantar las plantas de vivero depende en gran medida de las condiciones del sitio. Cuando se reforesta la superficie relativamente uniforme de un terreno, es de extrema importancia mantener el espacio apropiado para minimizar la competencia entre las plantas una vez que crezcan. En esta situación, es donde la selección de los sitios de plantación se vuelve bastante mecánica; los plantadores trabajan en líneas paralelas y plantan a la distancia prescrita entre cada punto (Cuadro 7.6.2). La misma situación aplica cuando se usan plantadores mecanizados que colocan las plantas a intervalos regulares.

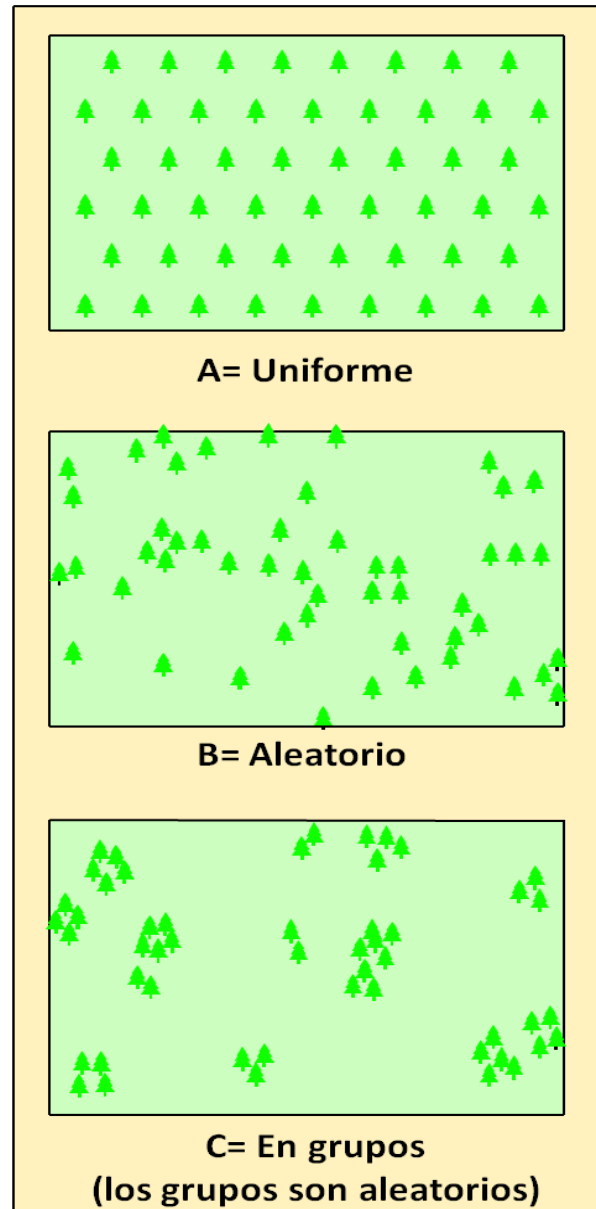


Figura 7.6.11 De manera adicional a las especificaciones de la planta objetivo, los objetivos del proyecto de plantación afectan el patrón de distribución. Si el objetivo es de un rápido crecimiento o de árboles de Navidad, las plantas deben ser espaciadas regularmente (A) sin embargo, la mayoría de los proyectos de restauración no necesitan verse como un “maíz”, por lo que las plantas son espaciadas en su mayoría en un patrón aleatorio para imitar las condiciones naturales (B). La vista más natural de una plantación usa un patrón aleatorio de grupos, donde diferentes especies son plantadas en grupos (C).

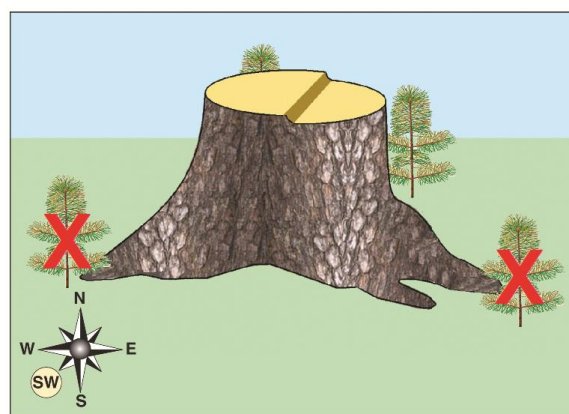
Cuadro 7.6.2 Espaciamiento de plantas basado en una retícula regular con densidades de producción resultantes (modificado de Cleary *et al.*, 1978)

Espaciamiento (m)	Plantas por hectárea	Plantas por acre	Espaciamiento (ft)
6.4 X 6.4	247	100	20.9 X 20.9
14.8 X 14.8	494	200	4.5 X 4.5
3.7 X 3.7	741	300	12.0 X 12.0
3.2 X 3.2	988	400	10.4 X 10.4
2.8 X 2.8	1,236	500	9.3 X 9.3
2.6 X 2.6	1,483	600	8.5 X 8.5
2.4 X 2.4	1,730	700	7.9 X 7.9
2.2 X 2.2	1,977	800	7.4 X 7.4
2.1 X 2.1	2,224	900	7.0 X 7.0
2.0 X 2.0	2,471	1,000	6.6 X 6.6

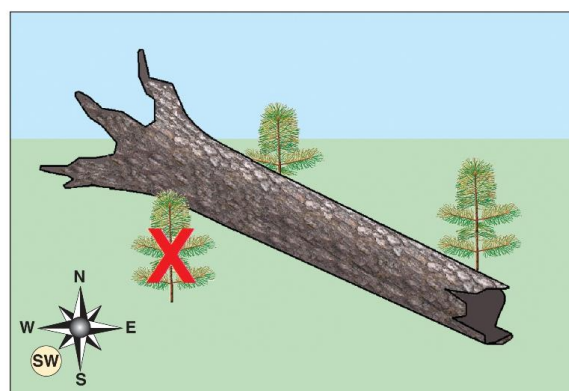
7.6.5.1 Selección de los sitios de plantación

Micrositios. Cuando la plantación se hace de modo manual en sitios montañosos donde abundan los tocones viejos y otros desechos leñosos, el seleccionar bien los lugares ideales para plantar es crítico y es más importante que seguir un patrón de espaciado exacto. La plantación en micrositios favorables protege a la planta y aumenta enormemente la probabilidad de supervivencia. Algunos ejemplos de sitios de plantación desfavorables incluyen las depresiones que mantienen agua estancada, los lugares rocosos, los mantillos profundos, y los suelos compactos. Las plantas que reciben sombra de un tocón, tronco o una roca grande, tienden a crecer bien, especialmente en sitios cálidos y secos (Figura 7.6.12A y B). Una gran cantidad de luz solar sobre el follaje causa estrés hídrico, y la luz del sol directa puede causar temperaturas letales en el tallo de la planta a nivel del suelo. La plantación alrededor de obstáculos físicos también protege las plantas del daño por el ganado y por los animales silvestres que ramonean por el lugar (USDA Forest Service, 2002). Al sur de las Montañas Rocallosas, la plantación en micrositios sombreados por material leñoso muerto, duplicó la supervivencia en plantas del *Pinus ponderosa*. Este mejor desempeño se atribuyó a una mejor humedad y temperatura y a la protección contra los animales que se alimentan por el lugar (Nelson, 1984).

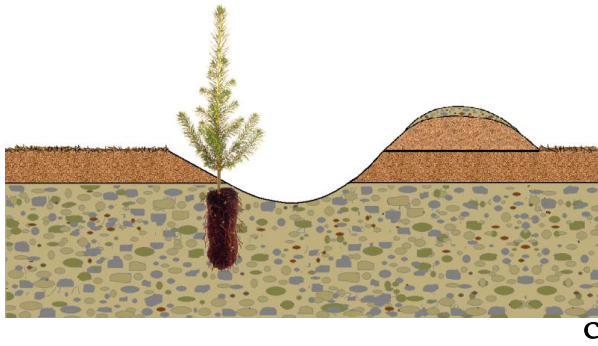
En lugares donde la preparación se ha hecho en forma mecánica con arado de discos, la planta de vivero se debe plantar a un lado del hoyo en el suelo mineral (Figura 7.6.12C). En el caso de montículos, el mejor punto para plantar es en la parte superior del montículo (Figura 7.6.12D). Para lograr un buen éxito en la plantación se requiere de una buena planeación, trabajadores bien entrenados, y una buena supervisión.



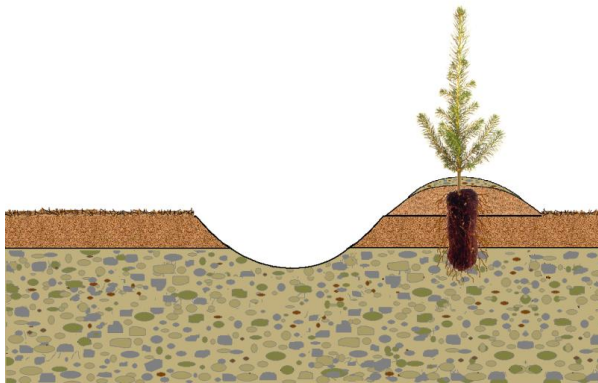
A



B



C



D

Figura 7.6.12 En sitios con un terreno desnivelado o con obstrucciones físicas la mejor ubicación de las plantas es en micrositios a la sombra de tocones (A) u otros escombros (B). Lugares específicos de plantación son también prescritos donde los sitios han sido preparados con arado de discos (C) o montículos (D) (A y B, de Rose y Haase, 2006; C y D de Heiskanen y Viiri, 2005).

7.6.6 Entrenamiento y supervisión del personal

7.6.6.1 Manejo de la planta

Durante el proceso de plantación, las plantas deben manejarse con sumo cuidado. Al personal se le debe enseñar que jamás deben lanzar ni dejar caer las cajas con plantas del vehículo de transporte. Las investigaciones muestran que dejar caer las plantas de varias alturas, provoca una reducción en su crecimiento después de la plantación (Figura 7.5.5) (McKay *et al.*, 1993; Sharpe *et al.*, 1990; Tabbush, 1986). Jamás se deben sacudir o golpear las plantas para quitarles el exceso de sustrato. Deans *et al.* (1990) encontraron que el crecimiento en altura en plantas de *Picea sitchensis*, fue afectado negativamente por haberlas golpeado con las botas al momento de la plantación.

Cada plantador debe cargar solamente las plantas que va poder plantar en el transcurso de una a dos horas. En los proyectos grandes de reforestación y restauración, lo más eficaz es usar carritos que cargan las plantas de vivero en vehículos todo-terreno (ATVs), desde el sitio del almacén *in situ* hasta el lugar de la plantación (Figura 7.6.13A). Las bolsas plantadoras no deben llenarse en exceso para evitar aplastarlas (Figura 7.6.13B); las plantas que están un poco sueltas son más fáciles de sacar sin dañarlas. Una vez que se ha preparado la cepa, solamente debe colocarse una planta sacándola suavemente de la bolsa plantadora, para evitar que las raíces se enreden y el tallo se dañe (Figura 7.6.13C y D). Uno de los errores que los plantadores sin experiencia cometen es extraer muchas plantas de la bolsa y llevarlas de un hoyo a otro, aumentando así el riesgo de daño físico o desecación.

Los conceptos críticos son manejar las plantas suavemente y minimizar la exposición de las raíces durante todo el proceso de plantación. Aunque en realidad es difícil medir el estrés durante el proceso de envío, manejo y proceso de la plantación, la comparación del desempeño de la plantación entre los proyectos operativos y las pruebas de investigación,

prueba que el cuidado adicional que se les administra durante las pruebas de investigación, realmente compensan los beneficios.



A



B



C



D

Figura 7.6.13 Vehículos todo-terreno son prácticos para transportar cajas de plantas del almacenamiento *in situ* a los plantadores (A). Las bolsas de plantación nunca deben ser sobrellenadas (B), y las plantas deben ser removidas cuidadosamente una a la vez del contenedor (C) o de las bolsas de plantación (D) y solo después de que la cepa ha sido cavada (A, cortesía de Risto Rikala; B, cortesía de Mark Hainds; C, cortesía de J. D. Irving, Ltd).

7.6.6.2 Técnicas apropiadas de plantación

Conservar al personal experimentado de un año a otro, parece ponerse cada vez más difícil (Betts, 2008). Más aún, los equipos de plantación están propensos a un alto grado de rotación, con miembros del equipo cambiando cada semana durante la temporada de plantación. Sin lugar a duda, es muy importante que todos los plantadores estén altamente capacitados y entrenados sobre los procesos de plantación. Aún una planta de la mejor calidad, si no se planta adecuadamente morirá. Se necesita de un buen entrenamiento, una supervisión muy cercana, e inspecciones regulares para poder optimizar la calidad de la plantación.

Es sorprendente que muy poco se haya publicado sobre la profundidad a la que se deben plantarse las plantas producidas en contenedor, aunque son muchas las ventajas de una “plantación profunda” en plantas producidas a raíz desnuda (Stroempler, 1990):

1. Mejora la estabilidad del tallo contra las presiones por el viento y la nieve.
2. Asegura que la raíz no estará expuesta a la erosión.
3. Protege el cuello de la raíz contra daño por el calor.
4. Las raíces colocadas a mayor profundidad en el perfil del suelo, tienen un mejor acceso a la humedad del suelo.

Por lo tanto, en los sitios apropiados, los hoyos de plantación deberán ser lo suficientemente profundos como para introducir el cepellón de 2.5 a 5 cm (de 1 a 2 in) sobre el nivel de la marca del cotiledón (Londo y Dicke, 2006; USDA Forest Service, 2002). Esto puede variar dependiendo de la especie; por ejemplo, en el sureste de los Estados Unidos, las plantas de *Pinus paustris* que tiene sus yemas apicales cerca de la superficie del cepellón, se plantan dejando el cepellón expuesto unos 0.6 a 1.3 cm (0.25 a 0.50 in) (Hainds, 2003), esto probablemente también se aplica como verdadero en otras de las especies que tienen sus meristemas apicales cerca de la superficie del cepellón. Debido a que se requieren nuevos

fotosintatos para lograr el crecimiento de las raíces nuevas después de la plantación (Van den Driessche, 1987), tal vez se deba evitar enterrar el follaje.

El concepto más importante del entrenamiento, es que es necesario que la raíz tenga un buen contacto con el suelo antes de que la planta logre establecerse en el sitio, y para que tenga acceso rápido al agua y a los nutrientes minerales. La cepa deberá ser lo suficientemente profunda para que, en la mayoría de las especies, el cepellón pueda estar completamente cubierto con el suelo mineral (Figura 7.6.14A) y se evite que las raíces se planten en forma de “J” y la exposición innecesaria del cepellón (Figura 7.6.14B), pero que el cepellón no sea plantado demasiado profundo (Figura 7.6.14C). De acuerdo con las especificaciones del Servicio Forestal de los Estados Unidos, el tamaño mínimo del hoyo para plantas producidas en contenedor debe ser 2.5 cm (1 in) más profundo que la longitud del cepellón, y al menos 7 cm (3 in) más ancho que el cepellón en lo más alto del hoyo, y de 2 cm (1 in) en el fondo (USDA Forest Service, 2002). Los plantadores deben ser entrenados para plantar a la profundidad correcta y no jalar la planta para ajustar su profundidad o su inclinación. Las plantas no deberán estar orientadas más de 30 grados en un plano vertical (Figura 7.6.14D). Parecería obvio si nos ponemos en un suelo nivelado, pero a mayor pendiente, esto llega a tener mayor importancia. Los hoyos se deben llenar con suelo mineral evitando el pasto, palos, piedras, o nieve (Figura 7.6.14E). Es muy importante presionar con firmeza el suelo alrededor del cepellón para eliminar cualquier burbuja de aire (Figura 7.6.14F); pero hay que abstenerse de presionar demasiado alrededor de las plantas para evitar una excesiva compactación del suelo o daño al tallo.

El entrenamiento del personal se hace particularmente importante cuando se trata de voluntarios o de personas sin experiencia. Muchos de ellos carecen de las habilidades o de la fuerza necesaria para plantar en lugares agrestes. Una buena opción es hacer que un profesional excave los hoyos con la maquinaria especializada, y dejar a los voluntarios colocar las plantas en su lugar y presionar el suelo. Esta técnica ofrece varios beneficios: el profesional elige los sitios apropiados de plantación, sigue el patrón deseado, y se asegura que los hoyos sean suficientemente grandes y profundos, de modo que se evita que las raíces se coloquen en forma de “J”. Varios estudios han encontrado que la plantación mecánica es más exitosa cuando se trata con los dueños de los terrenos privados, quienes no plantarían las plantas de forma inadecuada (Davis *et al.*, 2004).

Aunque la selección de las herramientas adecuadas para plantar es importante, los trabajadores con experiencia pueden tener éxito con una variedad de implementos. Las fallas en la plantación a menudo son más atribuibles a las técnicas inapropiadas y al manejo inadecuado, que a la selección de las herramientas para la plantación (Adams y Patterson, 2004).

El trabajo de plantar árboles es extenuante, y los movimientos como inclinarse, levantarse, y girar de un lado a otro pueden fácilmente llevar al trabajador a presentar lesiones, especialmente al inicio de la temporada. Los problemas con dolores de espalda y del síndrome del túnel carpiano son las quejas más comunes. Los trabajadores deben usar botas de trabajo, lentes de seguridad, cascos duros, y hacer ejercicios de estiramiento y calentamiento diariamente, antes de comenzar a plantar. El tiempo y los recursos gastados en la protección de los trabajadores serán recompensados al no tener ausencias ni demandas por indemnizaciones (Koetzel, 2004).

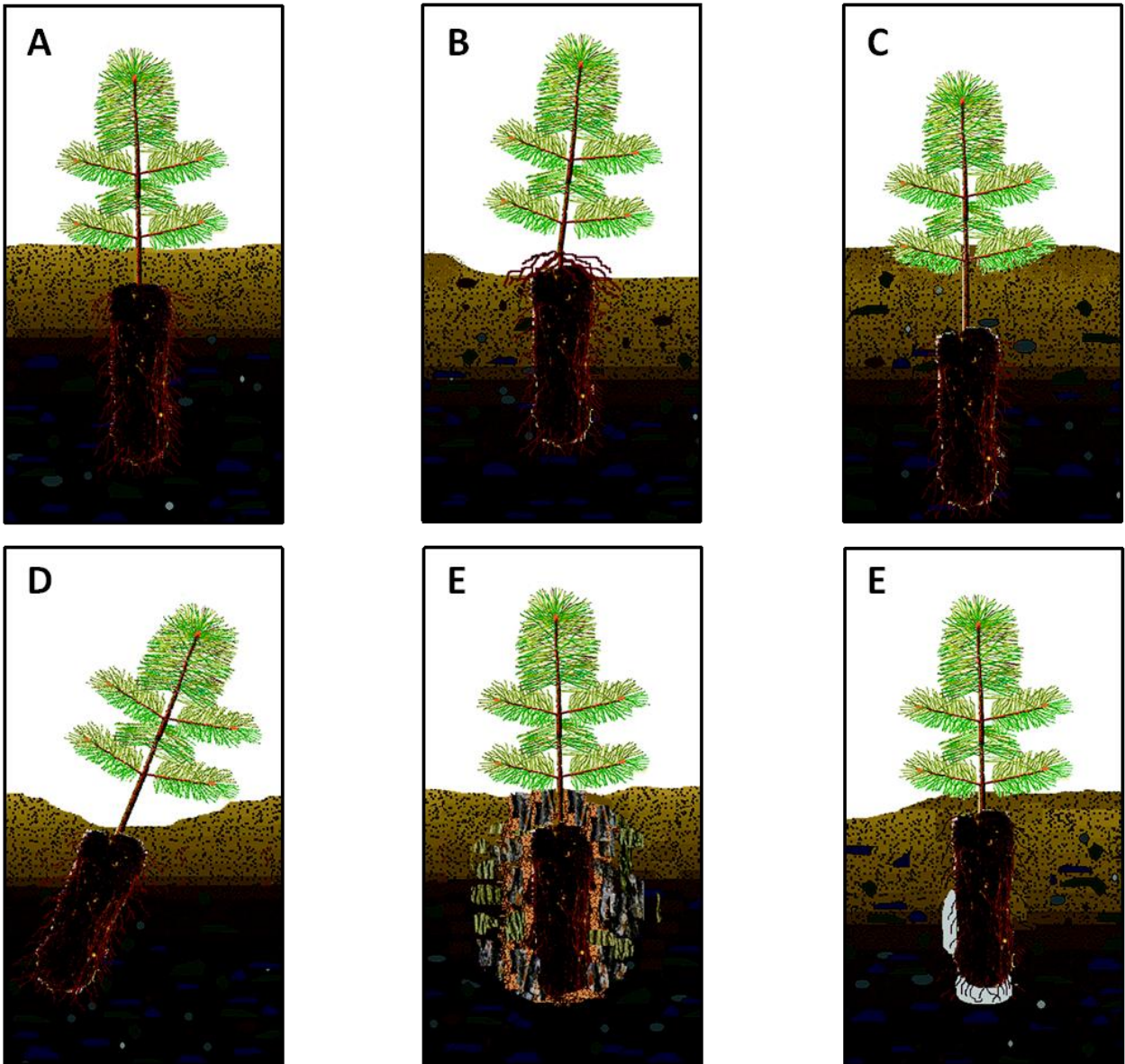


Figura 7.6.14 La producción del vivero deberá ser plantada apropiadamente (A). Problemas comunes incluyen la plantación poco profunda (B), plantación muy profunda (C), colocación vertical inapropiada (D), llenado de la cepa con escombros (E), o poca compactación que deja bolsas de aire alrededor del cepellón (F) (modificado de Rose y Haase, 2006).

7.6.7 Equipo manual de plantación

Los cepellones de las plantas de vivero usadas para la reforestación o restauración son más largos y delgados que los empleados para las plantas de jardín y ornato, por lo que es necesario usar herramientas especiales. El uso de las técnicas y herramientas de plantación apropiadas pueden significar la diferencia entre una planta viva y una muerta y entre un proyecto de plantación dentro de lo presupuestado y uno sobregirado (Kloetzel, 2004).

Los métodos de plantación manual ofrecen máxima flexibilidad en cuanto a la colocación y distribución de las plantas. Una persona bien entrenada y con experiencia, puede superar la calidad de una plantación, y generalmente iguala la velocidad de muchos de los métodos automatizados, especialmente tratándose de terreno escarpado. La plantación manual se recomienda especialmente para colocar las plantas en micrositios, y cuando se planta una mezcla de diferentes especies o producidas bajo diferentes sistemas de producción. Los tipos más comunes de equipo para plantación manual se discuten en las siguientes secciones, pero continuamente se desarrollan nuevos equipos (Trent, 1999).

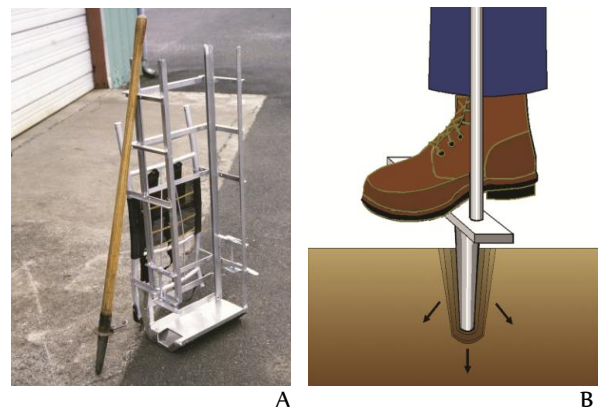
7.6.7.1 Plantadores de punta (“Dibbles”)

Los plantadores de punta (“dibbles”) se encuentran entre las primeras herramientas usadas para establecer plantas producidas en contenedor, principalmente porque son fáciles de usar (Figura 7.6.15A). El plantador de punta es una herramienta puntiaguda para hacer un hoyo específico para el tipo y tamaño del contenedor. La mayoría de estos plantadores están diseñados con uno o dos pedales de metal para forzar la entrada de la punta en el suelo (Figura 7.6.15B). Una vez hecho el hoyo, el plantador simplemente inserta el cepellón de la planta y se mueve hacia el siguiente hoyo. El problema es que no queda tierra suelta para cubrir la parte superior del cepellón y prevenir así la posible desecación del sustrato. Los plantadores de punta son los más apropiados

para suelos de partes altas de textura ligera, y terrenos aluviales en las partes bajas en proyectos de restauración de humedales. Estos plantadores no deben usarse en suelos pesados de textura arcillosa, porque pueden compactar el suelo y formar una capa vidriada alrededor del hoyo de plantación, que puede restringir el crecimiento de la raíz (Figura 7.6.15C).

Los plantadores de punta huecos son una modificación reciente que extrae un núcleo de suelo y, por lo tanto, no causa compactación del suelo (Figura 7.6.15D). Las cabezas huecas del plantador son intercambiables, permitiendo usarlas para diferentes tamaños de contenedor (Trent, 1999). Un extractor de suelo con martillo deslizador también puede remover un núcleo de suelo, y aunque en un estudio se encontró que fue más efectivo en suelos rocosos y compactos, fue verdaderamente extenuante usarlo por su peso (Trent, 1999).

Los plantadores producidos comercialmente están disponibles para diferentes tipos y tamaños de contenedor, incluyendo el Ray Leach® y para varios tamaños de cavidades en contenedores fusionados, tipo Styrofoam® (Kloetzel, 2004). Los plantadores de punta se han usado en terrenos superficiales en Ontario, pero no en lugares propensos a la expulsión de las plantas (Paterson *et al.*, 2001).



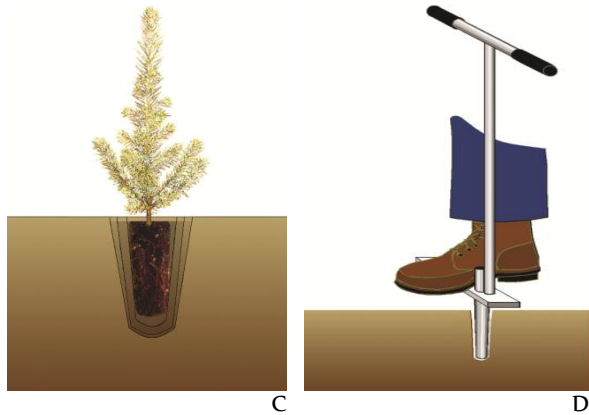


Figura 7.6.15 Los plantadores de punta (dibbles) se encontraban entre las primeras herramientas de plantación manual, desarrolladas para la producción de viveros en contenedor (A). Dado que éstos desplazan suelo para formar el hoyo de plantación (B), la compactación puede ser lo suficientemente severa para restringir la salida de las raíces (C). Los plantadores (dibbles) cuentan con una mejora, ya que éstos remueven la base del suelo para crear el hoyo de plantación (D).

7.6.7.2 Barras.

Las barras para plantar tuvieron origen con las plantas a raíz desnuda y todavía se usan para plantas producidas en contenedores pequeños. Las barras están típicamente fabricadas a partir de una barra cilíndrica con una cuchilla afilada en forma de cuña en la punta, y con pedales laterales para forzar la cuchilla a penetrar en el suelo. Así como los plantadores de punta, el uso de las barras requiere de muy poca experiencia o entrenamiento. La barra se deja caer y se empuja hacia adentro de la tierra con los pedales (Figura 7.6.16A); y se forma el hoyo moviendo la barra hacia adelante y hacia atrás. La planta se posiciona verticalmente a lo largo de uno de los lados del corte (Figura 7.6.16B), y entonces se cierra el hoyo reinsertando la barra dentro de la tierra en el lado opuesto, meciéndola hacia adelante y hacia atrás (Figura 7.6.16C). El paso final se hace aplanando la tierra suelta alrededor de la planta con el puño de la mano o con la bota para eliminar cualquier bolsa de aire (Figura 7.6.16D). En la zona noroeste del Pacífico, a menudo se prefiere usar las barras para plantar en suelos rocosos, pero no se deben usar en terrenos de

textura pesada como las arcillas, donde pueden causar excesiva compactación (Cleary *et al.*, 1978). También son populares en sitios de reforestación del sureste de los Estados Unidos, donde el suelo es arenoso. Las barras para plantar son durables y fáciles de conservar, sólo se requiere afilar ocasionalmente las cuchillas (Koetzel, 2004).

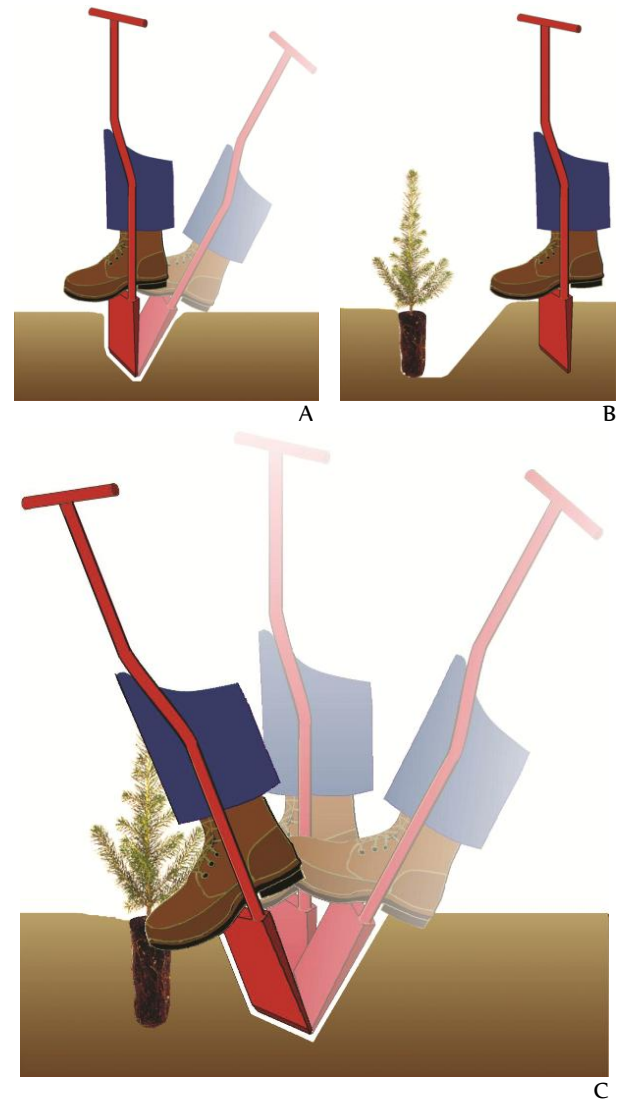




Figura 7.6.16. Las barras son herramientas de plantación fáciles de usar, que crean un hoyo de plantación mediante un movimiento lateral (A). La planta es colocada a lo largo de uno de los lados del hoyo de plantación (B), y el suelo es regresado haciendo palanca desde el otro extremo (C). El suelo deberá ser suavemente compactado alrededor de la planta con la mano o con el pie (D).

7.6.7.3 Azadones

Los azadones, también conocidos como azadas para plantar o talachos, se desarrollaron específicamente para plantar coníferas a raíz desnuda en proyectos de reforestación y desde entonces, han sido adaptados para su aplicación, con plantas producidas en contenedor (Figura 7.6.17A). Estos son probablemente la herramienta manual más utilizada en los Estados Unidos, especialmente en el Pacífico Noroeste (Lowman, 1999). Los azadones vienen en diversos tamaños y formas, y son una de las herramientas disponibles más versátiles. Existen azadones especiales para usarse en plantas en contenedor de diferentes tamaños. Los soportes, que sostienen la manija de madera hacia la cuchilla, están típicamente hechos de bronce para añadir más peso e inserción, los hay también con una aleación de estaño ("Tinselite") para usos más ligeros. Los soportes se pueden encontrar en dos ángulos: de 100° de ángulo para ser usados en áreas ligeramente sinuosas o planas, y de 90° de

ángulo para plantación en suelo más escarpado. Es una buena idea adquirir y tener una reserva de las cuchillas, mangos, tuercas y tornillos y una caja de herramientas. Las cuchillas se deben afilar regularmente con un afilador de metal o con una rueda de afilado eléctrica (Kloetzel, 2004).

Los azadones son especialmente útiles para la reforestación en terrenos escarpados, y aún para los proyectos de restauración en suelo rocoso y compacto. Se usan de forma muy similar a un pico, y se pueden necesitar varios golpes para formar el hoyo de plantación apropiado. Con cada golpe, el plantador mueve el azadón hacia arriba y atrás con el extremo inferior del mango para abrir el hoyo (Figura 7.6.17B). Una vez que termina de hacer el hoyo, el plantador usa la punta del azadón para aflojar suavemente la tierra de los lados, para así evitar efecto de compactación. Luego inserta y posiciona la planta a la profundidad adecuada (Figura 7.6.17C). Mientras sostiene la planta, el plantador usa la cuchilla del azadón para rellenar con tierra todo alrededor del cepellón (Figura 7.6.17D). Finalmente, el plantador pisa suavemente la tierra alrededor de la planta (Figura 7.6.17E), y continúa hacia el siguiente hoyo de plantación. Si hubiera problema de competencia con malezas, o si se necesitara hacer un cajete para la plantación, la parte trasera y lateral de la cuchilla es una herramienta útil (Figura 7.6.7C). Se puede llegar a presentar una ligera compactación de la tierra por detrás del azadón, pero la compactación es típicamente menor que con otros métodos.

La velocidad de la plantación varía dependiendo del tamaño del contenedor, de la habilidad de cada plantador, y del terreno. Kloetzel (2004) reportó que los plantadores principiantes pueden llegar a colocar 20 plantas por hora, mientras que aquellos con experiencia pueden alcanzar hasta las 100 plantas por hora; en proyectos de plantación en humedales con plantas pequeñas y condiciones favorables de suelo, la producción alcanzó las 240 plantas por hora. Para contenedores de poco volumen (66 cm³ [4 in³]), Meikle (2008)

reporta haber alcanzado tasas de 600 a 800 árboles y arbustos por día, sobre terrenos de restauración de minas, aunque la tasa bajó de 400 a 600 plantas cuando el volumen del contenedor aumentó a 164 cm³ (10 in³). Al añadir tubos Vexar para prevenir el daño por herbívoros, la velocidad de plantación bajó a la mitad (Meikle, 2008).

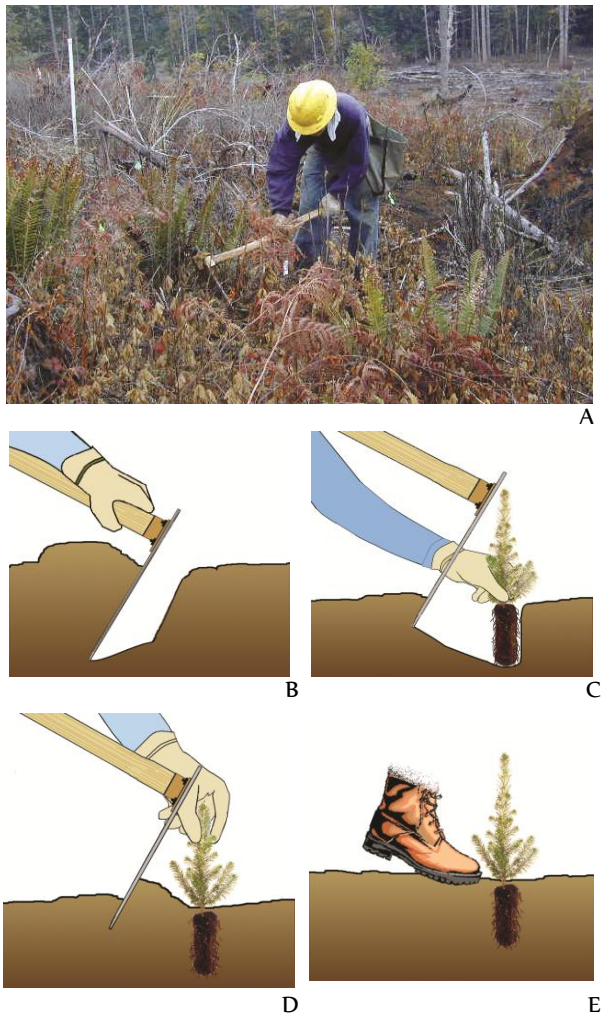


Figura 7.6.17 Los azadones son una de las herramientas más populares en las montañas del Oeste de los Estados Unidos y de Canadá (A). Después de dar varios movimientos para crear un hoyo de plantación lo suficientemente profundo (B), la planta es colocada y mantenida (C) mientras se rellena con el suelo (D). La etapa final es compactar cuidadosamente el suelo alrededor de la planta para remover cualquier bolsa de aire (E).

7.6.7.4 Palas

Aun cuando cualquier pala de jardín puede usarse con el mismo propósito, los plantadores profesionales utilizan las palas hechas especialmente para plantar (Figura 7.6.18A), las cuales cuentan con cuchillas lo suficientemente largas para poder acomodar planta producida en contenedores grandes (Figura 7.6.18B). Los mangos de madera son los tradicionales, aunque los modelos de fibra de vidrio son más ligeros y las cuchillas reforzadas (Figura 7.6.18C), pueden resistir la acción vigorosa que se requiere para abrir los hoyos de plantación (Figura 7.6.18D). A pesar de que no son difíciles de usar como los azadones, a los plantadores se les debe enseñar cómo usar estas palas más eficazmente. Una vez que se excava el hoyo a la profundidad y tamaño necesarios, la planta de vivero se acomoda y se sostiene en posición vertical (Figura 7.6.18E) mientras el plantador regresa la tierra alrededor del cepellón (Figura 7.6.18F). Las palas para plantar árboles son la herramienta de selección para algunos de los plantadores en el Oeste de los Estados Unidos y son consideradas la herramienta de plantación más versátil en la Columbia Británica (Mitchell *et al.*, 1990), lo mismo que para las flotillas de reforestación en la zona del sureste de los Estados Unidos. Mejoradores, fertilizantes y otros tratamientos para el suelo, se colocan fácilmente utilizando estas palas. En los sitios donde se requiere limpiar de maleza, se necesita un equipo de dos personas preparando el sitio previamente. Siempre que se usen las palas para plantar, conserve a la mano algunos mangos extra y protectores para los pies, junto con las herramientas necesarias para instalar las partes y afilar las cuchillas (Kloetzel, 2004).

En Ontario, los plantadores con experiencia comenzaron la temporada plantando cerca de 1,800 plantas (100 cm³ [6 in³]) al día usando palas, mientras que los plantadores inexpertos solamente pudieron plantar alrededor de 900. Sin embargo, después de 6 semanas, ambos grupos pudieron plantar sustancialmente más plantas: 2,500 los plantadores experimentados y 1,800 los principiantes (Colombo, 2008). En

el Estado de Washington, las plantas de gran tamaño (250 cm³ [15 in³]) son plantadas al occidente de las Montañas “Cascade”, y esto se refleja en la velocidad de plantación. Solamente 900 plantas de porte grande se pueden plantar por día, en comparación con las 1,000 de tamaño pequeño (Khadduri, 2008).



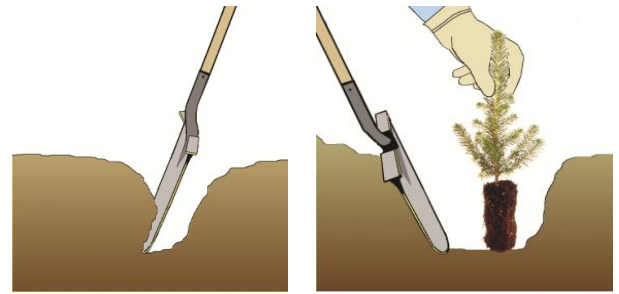
A



B



C



D

E



F

Figura 7.6.18. Las palas son herramientas de plantación muy versátiles (A) y son ideales para plantas de contenedores grandes y profundos (B). Palas especializadas tienen hojas reforzadas (C) que pueden abrir hoyos profundos sin compactación del suelo (D). Mientras se mantiene la planta en posición vertical a la mitad del hoyo (E), compacte el suelo alrededor del cepellón a medida que el hoyo es llenado (F).

7.6.7.5 Tubos plantadores

Los tubos para plantar son plantadores de punta mecanizados que hacen un hoyo al comprimir la tierra hacia los lados y al fondo, con un par de lengüetas de metal puntiagudas que montadas sobre bisagras, se abren y cierran como mandíbulas (Figura 7.6.19A). Estas lengüetas se abren por medio de un pedal nivelador y la planta de contenedor se deja caer por el tubo hueco hacia adentro del hoyo (Figura 7.6.19B). El tubo plantador “Pottiputki” es la marca más popular, y está disponible en varios modelos con diferente diámetro del tubo. En algunos modelos, la profundidad de la plantación es ajustable, lo que se hace

necesario para la planta de vivero con cepellones más largos. Uno de los atractivos de estos tubos es que se minimiza la fatiga del trabajador, pues no tiene que inclinarse. Los tubos plantadores son populares en la zona del noreste de Estados Unidos y este de Canadá. Aunque también son populares en Ontario, allá se consideran algo caros en precio y mantenimiento (Paterson *et al.*, 2001). Al comparar su efectividad, los tubos fueron tan efectivos como los plantadores de punta o las barras de plantación (Jones y Alm, 1989).

7.6.7.6 Taladros motorizados

Los taladros motorizados se han usado en proyectos de reforestación por décadas, y se están haciendo populares para programas de restauración (Figura 7.6.20A). Los taladros motorizados funcionan mejor en suelo profundo donde no haya raíces largas ni piedras grandes, y son la mejor herramienta para plantar las plantas más grandes y altas. Una de las preocupaciones es la compactación o el acristalado que en ocasiones se forma a los lados de los hoyos bajo algunas condiciones específicas del suelo (Lowman, 1999), aunque esto se puede minimizar moviendo ligeramente la barrena del taladro. En Quebec y Nueva Escocia, las plantas altas en contenedor son las preferidas para competir contra la maleza, y se consideró que un taladro con motor de gasolina fue una mejor herramienta para plantar, que las palas o los extractores de tierra en todos los tipos de suelo (St-Amour, 1998). Un taladro manual de gasolina se puede usar con puntas

de taladro de 2.5 a 10 cm (1 a 4 in) de diámetro, y la transmisión reversible ayuda cuando la barrena se atora (Trent, 1999).

Uno de los beneficios de usar el taladro motorizado en los proyectos de plantación es que el operador selecciona el sitio de plantación y controla la calidad de cada uno de los hoyos (Figura 7.6.20B). Un operador puede perforar suficientes hoyos para varios plantadores que le sigan y vayan plantando (Figura 7.6.20C). Cuando es necesario limpiar la maleza, la persona que lo realice seleccionará los lugares específicos y eliminará las hierbas anticipándose al operador del taladro. En algunos tipos de suelo, el operador tendrá que excavar suelo mineral extra cerca de cada hoyo para asegurarse que la plantación se realice adecuadamente. Al usar el taladro para hacer hoyos más profundos que lo largo del cepellón, se reduce la compactación y se promueve el crecimiento de la raíz hacia abajo. Esto significa que el plantador debe sostener la planta a su debida profundidad mientras rellena el hoyo de abajo hacia arriba (Figura 7.6.20D). El suelo estancado puede llegar a ser un problema cuando se usa el taladro motorizado, por lo que es una buena idea amontonar un poco más de tierra alrededor de la base de la planta. Cuando hay disponible más de un operador de taladro, es recomendable cambiar a los operadores por turnos para reducirles la fatiga (Cleary *et al.*, 1978).

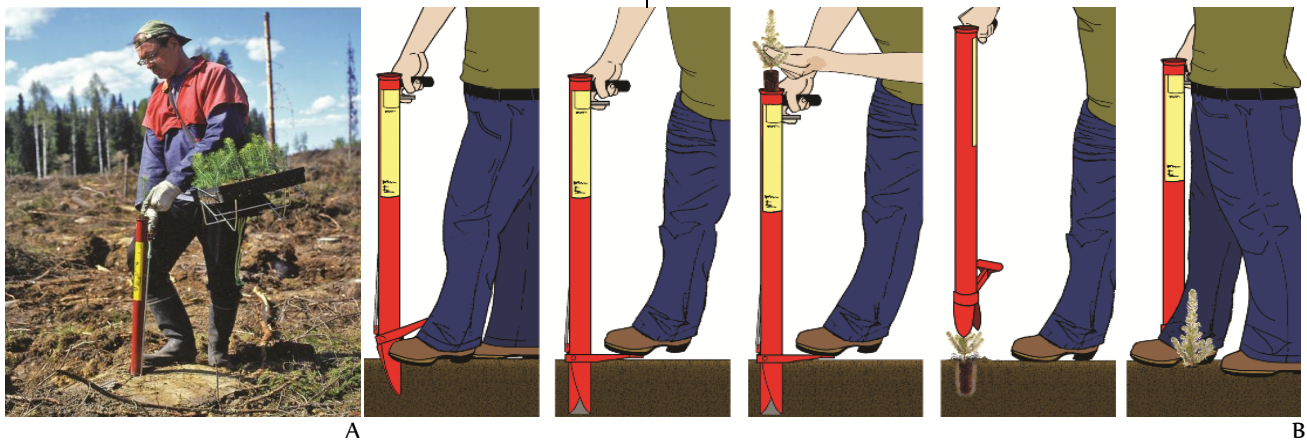


Figura 7.6.19 Los tubos plantadores tienen unas mandíbulas puntiagudas que se abren el hoyo de plantación (A). La planta es dejada caer en el hoyo a lo largo del tubo (B).

Existe la comercialización de una gran variedad de taladros motorizados para renta o venta: con cabeza de motosierra, taladros para uno y dos operadores, y taladros que se montan en un tractor (Figura 7.6.20E). Para la mayoría de los proyectos pequeños de plantación, se pueden rentar los taladros motorizados en cualquier agencia comercial de renta. Cuando se trata de proyectos de reforestación y restauración a gran escala, es más económico comprar uno. Sin embargo, si no se tiene la suficiente experiencia con la operación del taladro motorizado, probablemente sea una buena idea primero rentar uno para asegurarse de tener la máquina correcta para el proyecto. Los taladros motorizados son herramientas que requieren de un alto grado de mantenimiento, por lo que se debe tener otro de repuesto, lo mismo que las refacciones y barrenas necesarias (Kloetzel, 2004).



A

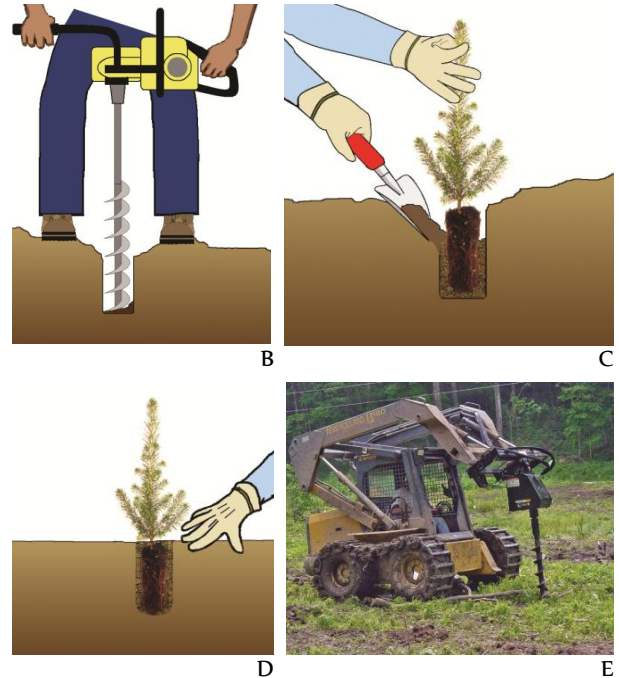


Figura 7.6.20 Los taladros son una herramienta de plantación efectiva ya que un operador experto puede hacer los hoyos (A y B) mientras que otros trabajadores realizan la plantación de la producción (C), cubriendo los hoyos manualmente (D). Los taladros acoplados a un tractor pueden crear hoyos lo suficientemente grandes para la producción en contenedor de mayor tamaño (E).

Los equipos de plantación con taladros motorizados bien coordinados pueden lograr rangos de producción de hasta 30 a 70 plantas por persona por hora (Kloetzel, 2004). En Hawaii, los taladros motorizados se han convertido en la herramienta ideal para plantar cuando los trabajadores son voluntarios o se trata de plantadores no profesionales, porque la tasa de plantación es de 2.5 veces más que la plantación normal realizada con herramientas manuales (Jeffrey y Horiuchi, 2003).

7.6.8 Máquinas plantadoras

Las máquinas plantadoras se han estado usando para plantas de coníferas desde hace más de 100 años, y las plantas en contenedor son ideales para su uso por lo compacto de su sistema radical y uniformidad. Debido al aumento sostenido de los costos de mano de obra y la dificultad de encontrar plantadores calificados, muchos de los especialistas en reforestación y restauración se están inclinando por la plantación mecanizada (Hallonborg, 1997). Los forestales en la Columbia Británica han llevado a cabo pruebas con las plantadoras mecanizadas y encontraron que el costo de la plantación mecanizada se comparaba con la plantación manual, pero sólo era posible en lugares relativamente planos y de fácil acceso. Muchos de los sitios de reforestación en las montañas son agrestes, rocosos, y están cubiertos con tocones y trozos de árboles, factores que favorecen el uso de plantadores bien entrenados (Mitchell *et al.*, 1990). De igual modo, las máquinas plantadoras no son muy ampliamente utilizadas en Ontario debido a las restricciones del terreno, por el alto costo de la inversión inicial y mayores costos de mantenimiento (Paterson *et al.*, 2001). La plantación mecanizada se ha hecho más popular en terrenos más moderados como los de la zona centro, noreste y sureste de los Estados Unidos y Escandinavia.

Dos de los tipos básicos de plantadoras mecanizadas, una tirada por una grúa, y otra autopropulsada, están actualmente en uso, y de ellas se discutirá por separado (Cuadro 7.6.3).

7.6.8.1 Máquinas remolcadas por tractores

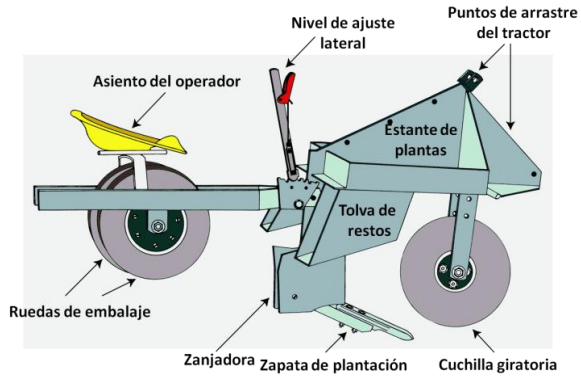
Muchas de las plantadoras mecanizadas están comercialmente disponibles y consisten de una cuchilla vertical giratoria, un arado, el asiento del operador, y ruedas contenedoras montadas sobre un marco reforzado (Figura 7.6.21A). Las plantadoras mecanizadas que se utilizan en campo abierto están equipadas con tres ganchos puntiagudos y son remolcadas por un tractor, cuyo operador se sienta mirando hacia

atrás. El disco corta las hierbas y raíces, y el arado abre un surco angosto (Figura 7.6.21B) donde el operador va colocando las plantas a mano. Las ruedas en la parte trasera van cerrando el surco y afirmando el suelo alrededor de cada planta. Para la plantación en campo abierto, las plantadoras también pueden estar equipadas con un tanque para la aplicación de herbicidas (Figura 7.6.21C).

Algunos modelos como la plantadora mecanizada Whitfield son muy apreciados para reforestar sitios donde abundan los desechos leñosos. Ofrecen mayor seguridad, dado que el operador va sentado en dirección opuesta dentro de un cajón, que lo protege de ser golpeado por algún residuo que haya sido lanzado por el tractor (Figura 7.6.21D). El operador coloca las plantas en un sujetador ensamblado que va dentro de una cadena giratoria (Figura 7.6.21E), llevando la planta alrededor de la unidad hasta que la posiciona en el surco. Los sujetadores se abren mecánicamente y la planta es colocada dentro del surco que después se cierra por medio de las ruedas contenedoras (Figura 7.6.21E). La plantadora mecanizada marca Taylor se ensambla al movilizador principal con un gancho de tres puntas que permite presionar la tierra hacia abajo para mantener la profundidad deseada; también lleva un tanque de agua en la parte superior para regar las plantas y mantenerlas húmedas (Converse, 1999). Algunas de las plantadoras mecanizadas están equipadas con discos que cortan la maleza en el sitio de plantación, mientras que otras tienen accesorios para la aplicación de herbicidas para controlar la vegetación no deseada. La velocidad de plantación varía con las condiciones del terreno, el tamaño de las plantas y la experiencia y habilidad del equipo de plantadores. Se ha reportado que la velocidad de plantación se encuentra en un rango de 400 a 1,000 árboles/hora (Slusher, 1993), y que en la zona sureste de los Estados Unidos, se llegan a plantar 1,100 plantas/hora de *Pinus palustris*, con un espaciamiento dentro de la hilera de 4 m (12 ft) (South, 2008).

Cuadro 7.6.3 Características de los dos tipos de máquinas plantadoras (modificado de Landis, 1999).

Características de la producción						
Tipo de propulsión	Método de plantación	Colocación de la planta	Espaciamiento de la planta	Longitud del cepellón determinado por	Requerimiento de firmeza del cepellón	Requerimiento de rigidez del tallo
Remolcado por un tractor	Surcado mediante ruedas juntas	Manual	Fijo en hileras	Profundidad de la zapata de apertura	No	Si
Auto-propulsado: montado sobre un excavador o un cosechador	Escarificado, montículos y cabezales para hacer los hoyos	Automática: hidráulica o neumática	Variable	Profundidad de la cabeza de plantación	Si	Si



A



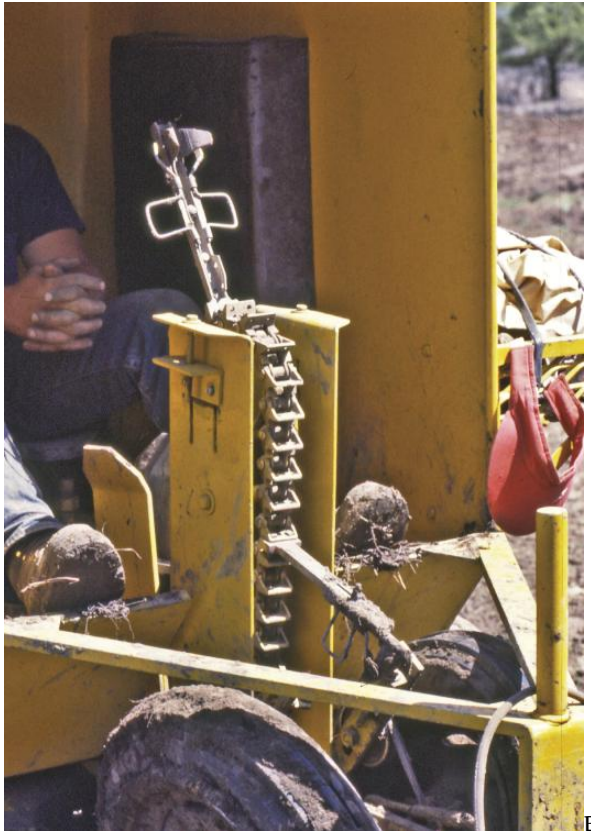
B



C



D



Desglose de costos
(porcentaje de los costos)

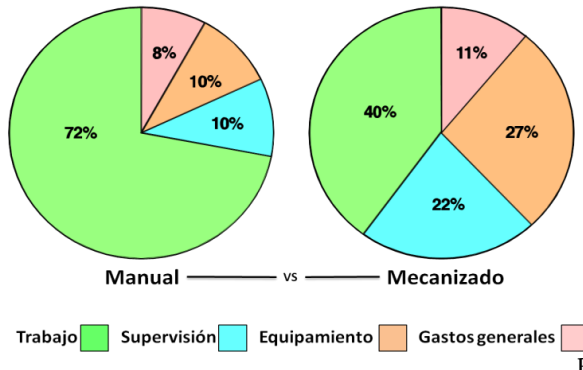


Figura 7.6.21 El tipo tradicional de máquina plantadora (A) está acoplada a la parte trasera de un tractor, y las plantas son espaciadas uniformemente en hileras lineales (B). Algunos modelos pueden asperjar herbicida para el control de malezas (C). Con la plantadora Whitfield, el operador viaja en la parte posterior y coloca las plantas en sujetadores sobre una cadena giratoria (D), que las transporta hacia la base del surco, el cual cubierto con las ruedas de embalaje (E). Una comparación económica ha mostrado que la plantación mecanizada la cual puede ser mucho más económica que una plantación manual (F).

La plantación mecanizada se debe evaluar con base a las características específicas de cada sitio, y no es efectiva en pendientes mayores de 35%. Para compensar los costos de transporte, operación y mantenimiento, los proyectos de plantación deben ser relativamente grandes y en lugares accesibles. Una comparación entre la plantación a mano y la mecanizada, mostró que el ahorro de mano de obra puede ser considerable (Figura 7.6.21F). Por ejemplo, en el sureste de Alaska, los costos de reforestación estuvieron en el rango de \$247 a \$321 USD/ha. (\$100 a \$130/ac), lo que consistió en un 18% menos que la plantación a mano (Peterson y Charton, 1999).

Una consideración necesaria con las plantadoras mecanizadas de este tipo es que las plantas quedan espaciadas uniformemente a lo largo de los surcos. Esto es benéfico cuando el patrón de plantación que se desea es como una cuadrícula, como sucede en los bosques comerciales o con las plantaciones de árboles de Navidad (Figura 7.6.11A). Sin embargo, el espaciado tan igual tiene sus inconvenientes cuando se desea una plantación de apariencia más natural (Figura 7.6.11B y C).

7.6.8.2 Máquinas plantadoras autopropulsadas

Debido al alto costo y a la dificultad para encontrar trabajadores especializados, algunos modelos de plantadoras de autopropulsión se han desarrollado en Escandinavia para plantar árboles producidos en contenedor (Figura 7.6.22A). Estas máquinas de uso múltiple tienen muchos beneficios (Drake-Brockman, 1998):

- Los deshierbes, la formación de montículos y la plantación, se pueden lograr en una sola operación
- Los lugares especiales los selecciona el operador, lo que da como resultado que la plantación se vea más natural (Figura 7.6.11B y C)
- Hay menos lesiones de trabajadores, pues la máquina hace el trabajo físico
- Los operadores están protegidos de las inclemencias del tiempo

- La calidad de la plantación es constante
- Hay menos contacto con plantas de vivero químicamente tratadas
- Se reducen costos en la dirección de planeación y supervisión.

Cada plantadora mecanizada tiene un mecanismo diferente, pero todas cuentan con cabezales remotos que limpian el sitio de maleza, forman los montículos y establecen las plantas en los lugares específicos seleccionados por el operador.

Máquina plantadora marca Bräcke. Esta plantadora desarrollada en Suecia, ha sido la más popular de las plantadoras de autopropulsión (Figura 7.6.22A) y ha sido utilizada en el Reino Unido y por toda Escandinavia. Más de 30 de estas máquinas se han usado en Finlandia debido a la falta de mano de obra. La calidad del trabajo ha sido igual a la plantación manual, pero los costos de plantación han sido ligeramente más elevados (Harstela *et al.*, 2007). El cabezal se monta en el brazo de una excavadora o cosechadora, el cual es controlado hidráulicamente (Figura 7.6.22B) y contiene un cargador circular el cual alberga de 60 a 88 plantas (Figura 7.6.22C). Puede formar montículos y establecer las plantas en la misma operación (Cuadro 7.6.22D); las tasas de producción han variado desde 140 a 250 plantas/hora, dependiendo de las condiciones del sitio.

Máquina plantadora marca M-Planter. Esta máquina plantadora de origen finlandés también viene montada sobre un brazo excavador o una cosechadora, pero puede formar y plantar dos montículos, sin moverse de su lugar (Figura 7.6.22E-F). La M-Planter consta de un cargador alargado que contiene 242 plantas y, en una comparación reciente, plantó un 24 a 38 % más que la máquina Bräcke, en una diversidad de condiciones de terreno. Actualmente se está llevando a cabo investigación sobre un modelo mejorado de la M-Planter (Harstela *et al.*, 2007).

Máquina plantadora marca Ecoplanter. Esta plantadora mecanizada de origen sueco también viene montada sobre un brazo excavador o una cosechadora, pero puede formar y plantar dos montículos al mismo tiempo. La Ecoplanter tiene capacidad para 240 plantas y puede llegar a plantar de 220 a 250 plantas/hora (Saarinen, 2007).

En el norte de Europa se han hecho varias comparaciones entre las plantadoras mecánicas autopropulsadas. En Finlandia, la marca Bräcke y la Ecoplanter tuvieron rangos muy similares en cuanto a la capacidad de plantación, yendo de 200 a 250 plantas/hora. La calidad de plantación de la Bräcke fue comparable con la plantación manual y superó a la Ecoplanter (Figura 7.6.22G), la cual causó la deformación del tallo, y tuvo más árboles debilitados o muertos después de dos años (Saarinen, 2007). En una de las pruebas hechas a la plantadora Bräcke en Irlanda, la calidad de plantación fue buena dentro de las especificaciones de la calidad de plantación, pero no tan buena como si se hubiera hecho manualmente. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a crecimiento en altura y del incremento en diámetro del cuello de la raíz, después de la primera temporada de crecimiento (Nieuwenhuis y Egan, 2002). En el Reino Unido, la máquina Bräcke tuvo una producción muy aceptable de plantación de coníferas en contenedor, en sitios de reforestación en terrenos elevados (Drake-Brockman, 1998).



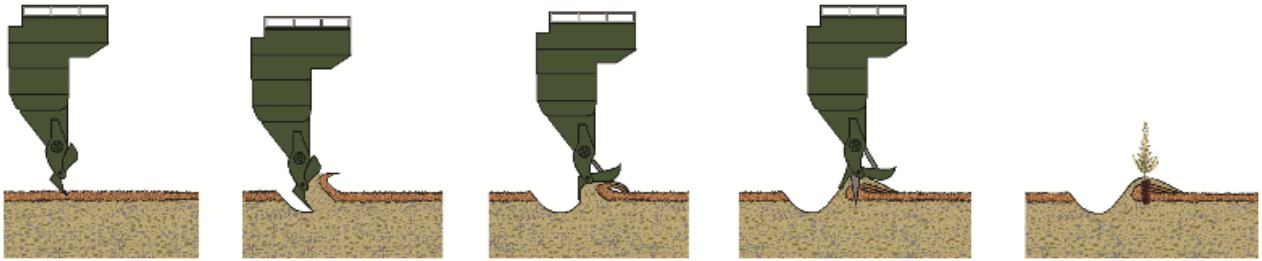
A



B



C



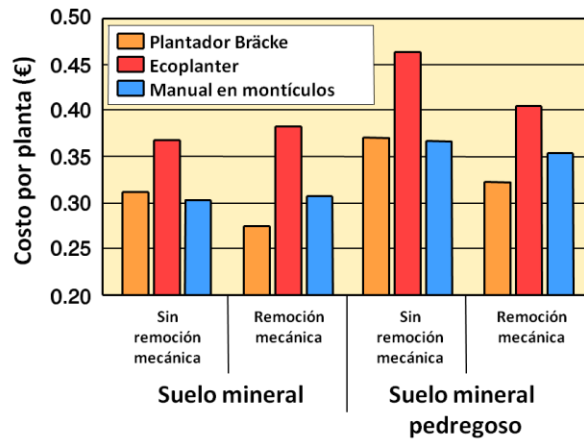
D



E



F



G

Figura 7.6.22 Un número de máquinas plantadoras auto-propulsadas han sido desarrolladas en Escandinavia para la producción en contenedor. La máquina plantadora Bräcke (A) ha sido utilizada con una extensión que consiste de una cabeza plantadora (B) con una carga de plantas (C) la cual es montada en el brazo de una excavadora. La cabeza plantadora crea hidráulicamente un montículo y establece una planta en la punta (D). Las máquinas más recientes como la M-Planter (E) puede establecer dos plantas sin que se mueva la excavadora y aprisiona el suelo alrededor de éstas (F). Ensayos en plantación han mostrado que las plantadoras mecánicas comparativamente son más favorables que una plantación manual (G) (E, cortesía de Pekka Helenius; F, cortesía de Leo Tervo).

7.6.9 Equipo de plantación para árboles grandes

Las plantas grandes en contenedor y los esquejes sin raíz son difíciles de plantar, por lo que se ha desarrollado un equipo especial para tal efecto. Nótese que es muy importante tener un acceso fácil al sitio de plantación, y en el caso de la plantadora a profundidad, se debe tener además, una fuente de agua disponible.

7.6.9.1 Punzón expansivo

El punzón expansivo es el nombre de una plantadora mecanizada recientemente desarrollada que va acoplada al brazo de una excavadora (Figura 7.6.23A), que hace un hoyo y establece las plantas de vivero en una sola operación. El cabezal de plantación está compuesto por dos pivotes de hierro paralelos, articulados para abrir y cerrar como lo hace una tijera; cada pivote está diseñado para crear una cámara larga y hueca entre ellos cuando están cerrados. La apertura y cierre de los pivotes se opera de manera hidráulica. Cuando los pivotes están cerrados, el punzón llega a un punto específico y es empujado dentro del suelo por la fuerza del brazo excavador. Una planta producida en contenedor o un esqueje largo de latifoliadas es colocado dentro de la cámara. El punzón expansivo es maniobrado hacia el punto específico de la plantación haciendo que el pico se inserte en el suelo. Cuando el pico se abre, la planta cae hasta el fondo del hoyo (Figura 7.6.23B).

Dos modelos de punzones expansivos, uno sencillo que planta una planta a la vez y otro que planta 50, se encuentran actualmente disponibles. El modelo de plantación sencilla sostiene una planta a la vez y en promedio planta de 50 a 80 plantas/hora. La cámara giratoria del modelo que establece 50, sostiene 50 plantas hasta de tres especies diferentes, y puede duplicar la tasa de plantación del modelo que planta una a la vez (Kloetzel, 2004). El punzón expansivo puede llegar a lugares que serían totalmente inaccesibles para cualquier otro equipo de plantación. Los brazos acoplados en excavadoras más pequeñas pueden alcanzar hasta 7.5 m (25 ft), mientras que aquellos colocados en máquinas más grandes se pueden extender hasta un radio de 15m (50 ft). Este equipo también puede plantar en condiciones de suelos muy rocosos, y puede penetrar suelos muy compactos, haciendo de esta maquinaria la ideal para proyectos de restauración. Se sugiere tener a una persona siguiendo a la máquina, que vaya rellenando con suelo mineral alrededor de las plantas.

El mayor inconveniente que puede tener el punzón expansivo es su costo. Además del gasto de operación pagado por hora, el costo de movilización del equipo puede llegar a ser muy alto, aunque estos costos deberán ser amortizados durante el tiempo que dure el proyecto. Conforme aumenta el número de plantas plantadas por el punzón expansivo en un proyecto, el costo por planta se reduce. En una operación bien planeada, el punzón expansivo puede lograr una producción de 200 plantas/hora.

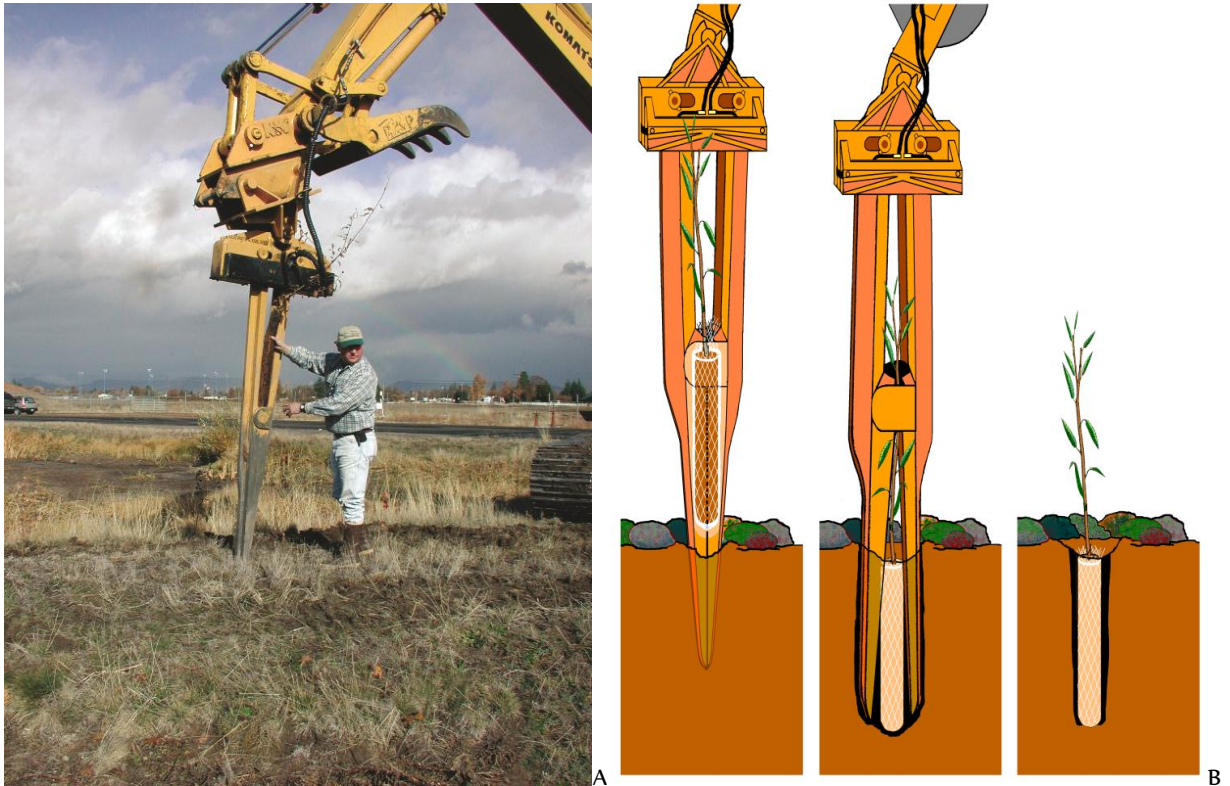


Figura 7.6.23 El punzón expansivo es una máquina de plantación especializada para sitios duros, incluyendo los suelos compactados (A). La cabeza plantadora en forma de tijera crea un hoyo donde se establece una planta con un cepellón alto o esquejes sin enraizar (B).

7.6.9.2 Plantador de cepellón

El plantador de cepellón se desarrolló especialmente para proyectos de restauración de riberas (Hoag, 2006) y utiliza agua a muy alta presión para hacer los hoyos y colocar las plantas grandes producidas en contenedor. Se bombea el agua de alguna fuente como un lago, arroyo, o un tanque hacia un compresor (Figura 7.6.24A) para luego forzar su salida por medio de una boquilla de alta presión (Figura 7.6.24B). El plantador tiene aspas de 7.6 cm (3 in) unidas a los lados de la boquilla, lo que hace los hoyos lo suficientemente largos para cepellones de hasta 3.8 L (1 gal) (Figura 7.6.24C). El hoyo que hizo el plantador se llena con estiércol líquido que más adelante se libera cuando el cepellón de la planta en contenedor es insertado a la profundidad deseada. Una vez que el agua del estiércol se escurre hasta la tierra que lo rodea, la tierra se acomoda alrededor del cepellón, asegurando así un buen contacto entre el suelo y la raíz. El agua también empapa los cepellones y se filtra en el suelo circundante. Ensayos operativos han demostrado que las plantas grandes producidas en contenedor se pueden establecer a una velocidad aproximada de 60 plantas/hora (Hoag, 2006).



Figura 7.6.24 El plantador de cepellón utiliza agua a alta presión bombeada de un compresor (A) a través de una manguera y una boquilla especializada (B) para crear hoyos para el establecimiento de plantas con cepellones grandes (C).

7.6.10 Tratamientos durante la plantación

Dependiendo del sitio, varios tratamientos se pueden aplicar a las plantas al momento de la plantación para mejorar la supervivencia y crecimiento. Estas soluciones para factores potenciales limitantes deberían haber sido identificados durante la evaluación del sitio de plantación (Véase la Sección 7.6.1).

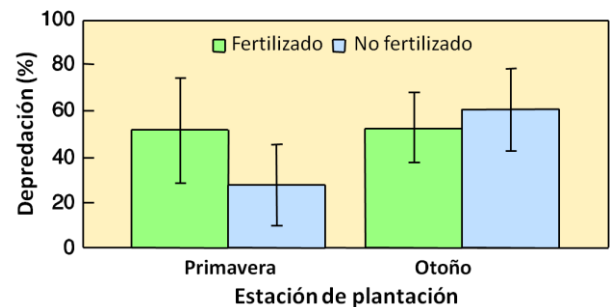
7.6.10.1 Protección contra animales

Comparadas con las plantas silvestres, las plantas fertilizadas de vivero tienen mayores niveles de nutrientes minerales y por lo tanto, son las preferidas de los venados, alces, y otros animales (Frederickson, 2003). Las plantas (especialmente el brote terminal) son comidas por los venados, alces, marmotas, y otros animales, aunque esto varía por temporada (Kaye, 2001) (Figura 7.6.25A). Si el área de plantación es conocida por tener problemas de daños por los animales, se deben tomar todas las medidas necesarias para controlarlos. Las barreras físicas inmediatamente después de la plantación tales como redes, mallas rígidas de plástico (Figura 7.6.25B), cubiertas para la yema y cercas, pueden ayudar a proteger las plantas el tiempo suficiente para que crezcan y puedan resistir a los daños de los animales. Troy *et al.* (2006) encontraron que el 95 % de las plántulas de encino (*Quercus* spp.) sin protección, fueron mordidas en comparación con sólo el 4% de aquéllas que fueron protegidas de alguna manera. Johnson y Okula (2006) concluyeron que la protección aumentó tanto la supervivencia como el crecimiento de las plántulas de *Purshia tridentata*.

Existe una gran variedad de protecciones para los árboles como los paneles sólidos y mallas protectoras de plástico, y la respuesta del medio ambiente y de las plantas hacia estas protecciones puede variar considerablemente. Las plantas producidas en contenedor de *Thuja plicata* y *Quercus garryana* fueron plantadas y protegidas con una fina malla de tela protectora, con paneles sólidos blancos con y sin agujeros, y con paneles de color azul sin ventilación. Un año después de la plantación, el crecimiento en altura y diámetro de *Thuja*

plicata se incrementó con todo tipo de protecciones, resultando que el crecimiento de mayor altura se dio en los lugares donde las plantas se protegieron con paneles sólidos color azul. Sin embargo, estando protegidos por paneles de color azul, la fotosíntesis y el crecimiento en diámetro del tallo en plantas de *Quercus garryana*, que son menos tolerantes a la sombra, se redujeron de manera significativa en comparación con las plantas que no estuvieron protegidas (Devine y Harrington, 2008).

Los repelentes químicos son una opción más para proteger las plantas del daño por animales. Estos repelentes son menos costosos que las barreras físicas pero su eficacia puede ser de corta duración. Existe una gran variedad de productos que tienen un olor y sabor repugnantes para los animales silvestres. Al tratar las plantas con estos productos se reduce de manera importante el pastoreo (Frank, 1992; MacGowan *et al.*, 2004) (Figura 7.6.25C).



A



B

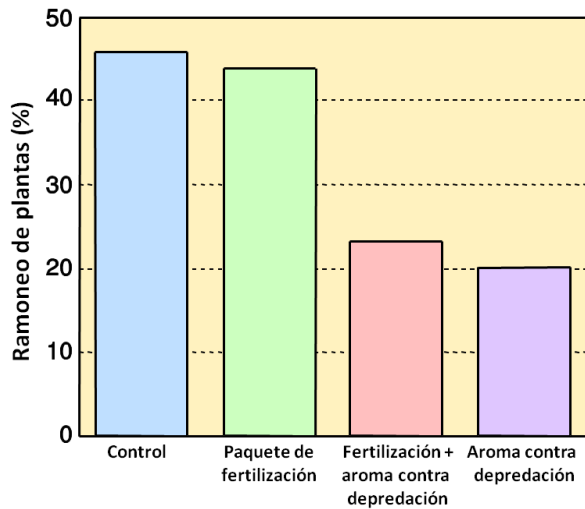


Figura 7.6.25 El daño por ramoneo de las plantas establecidas puede ser muy alto en algunos sitios (A). Las opciones para protecciones de las plantas de los daños por animales incluyen tubos de redes plásticas (B) o la aplicación de aromas repelentes al depredador (C).

7.6.10.2 Fertilización

La nutrición mineral es un componente clave para el desempeño de la planta después de la plantación, y la mayoría de los sitios de plantación muestran condiciones limitadas de muchos de los nutrientes esenciales, especialmente del nitrógeno. Las tabletas de Agriform® están compuestas de urea formaldehído, el cual libera lentamente nitrógeno, así como fósforo, potasio y otros elementos menores y secundarios (Scotts, 2007). Aunque estas tabletas Agriform® son de uso muy común en plantaciones ornamentales, aún no llegan a utilizarse de manera amplia en los proyectos de reforestación y conservación de los bosques, o en la plantación de especies nativas. En cambio, los fertilizantes cubiertos con polímero de liberación controlada (Osmocote®, Apex®, Multicote®, Nutricote®, Diffusion®) se han hecho más populares para usarlos al momento de la plantación (Jacobs *et al.*, 2003), y los hay en períodos de liberación de nutrientes hasta por 18 meses. Los gránulos del fertilizante se incorporan sustrato durante la siembra (Moore y Fan, 2002; Haase *et al.*, 2006), o se adicionan al fondo de los hoyos de plantación (Arnott y Burdett, 1988; Van den

Driessche, 1988). Otras formas de aplicación incluyen la aplicación de los gránulos de fertilizante en un hoyo hecho al lado de la planta o espolvoreado alrededor de su base. Para minimizar la posibilidad de que el fertilizante quemé las raíces y evitar que los nutrientes sean “robados” por la vegetación competidora, la aplicación lateral es la que parece funcionar mejor (Landis y Dumroese, 2009).

Sin embargo, la eficacia de los fertilizantes varía con las características de cada sitio de plantación (Rose y Ketchum, 2002; Everett *et al.*, 2007). En los lugares con limitaciones de humedad, la salinidad de los fertilizantes puede elevarse a niveles tóxicos, resultando en un efecto negativo sobre la supervivencia y el crecimiento de la planta (Jacobs *et al.*, 2004). Para la plantación de otoño en el norte de California, los beneficios en el crecimiento inicial por efecto de la fertilización de liberación controlada no se mantuvieron con el tiempo (Frederickson, 2003). Antes de aplicar cualquier fertilizante, es de vital importancia considerar la formulación, la dosis, la colocación, su solubilidad y el rango de liberación, y los nutrientes naturales existentes en el sitio de plantación.

7.6.10.3 Coberteras

Además de las prácticas para preparar los sitios de plantación y minimizar la competencia por la vegetación (Véase la sección 7.6.4.5), las coberteras pueden reducir la reaparición de la maleza por más tiempo que la preparación inicial del sitio. Los tapetes para cubrir, hechos de materiales como plástico, fibras de tela, tierra o papel (Figura 7.6.26A-B), se mantienen en el sitio con piedras, ramas o estacas. Para proteger las plantas también se usa una capa gruesa de materia orgánica hecha con trozos de olote de maíz, fibras de coco, hojarasca de pino, aserrín, o pedazos de corteza de árbol (Figura 7.6.26C). Además de inhibir el crecimiento de la vegetación, las coberteras protegen el suelo de temperaturas extremas y ayudan a mantener la humedad al reducir la evaporación de la superficie. Aunque la compra y colocación de los materiales de coberturas resulta costosa,

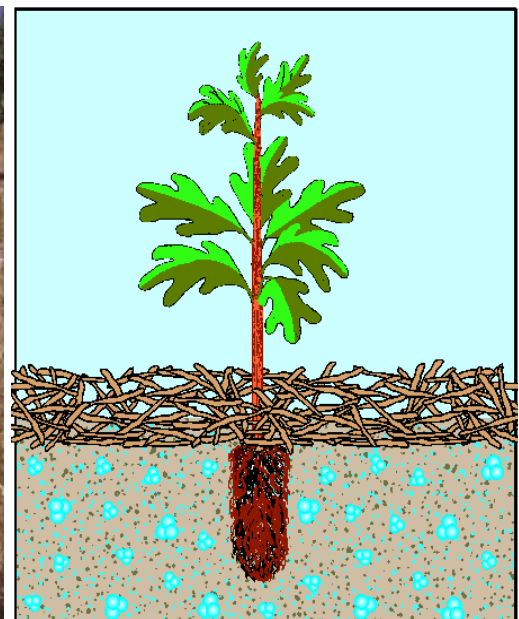
con ellos se mejora significativamente la supervivencia y crecimiento de las plantas en sitios secos. McDonald *et al.* (1994) encontraron que los tapetes para cubrir de (3 m x 3 m [9 ft x 9 ft]) de largo son muy durables (5 años), y que también son muy eficaces en favorecer que las plantas de *Pinus ponderosa* se establezcan en sitios de plantación sin ningún impedimento de competencia con otras plantas, y aumentaron significativamente el crecimiento en altura y diámetro en comparación con los controles. De igual manera, el *Quercus macrocarpa* y el *Fraxinus americana* respondieron positivamente a los tratamientos de coberteras (Truax y Gagnon, 1993). Las coberteras pueden ser especialmente efectivas en sitios de restauración áridos. Las coberteras con desperdicios de plástico de sólo 122 cm (48 in.) de diámetro aumentaron significativamente el contenido del agua en el suelo y el subsecuente crecimiento de plantas en contenedor de *Quercus garryana*; aún más, el riego posterior a la plantación solamente resultó efectivo bajo las coberteras (Devine *et al.*, 2007).



A



B



C

Figura 7.6.26 Coberteras a base de tapetes de papel (A y B) o material suelto (C), pueden reducir la competencia vegetal alrededor de la planta establecida.

7.6.10.4 Protecciones

Como se mencionó previamente, las protecciones (Figura 7.6.27A) pueden evitar el daño a las plantas por los animales. Otro beneficio importante es que las protecciones limitan la intensidad de los rayos UV, protegen de los vientos secos que pueden provocar desecación, y evitan quemaduras por el sol (Figura 7.6.27B). La supervivencia de las plantas de *Picea engelmannii* aumentó de un 58% a más del 95%, cuando se les colocaron protecciones (Jacobs y Steinbeck, 2001). Las protecciones para las plantas están disponibles en una gran variedad de tamaños y colores (que permiten la penetración de diferente intensidad de luz solar), lo mismo que se fabrican con o sin espacios de ventilación. La selección de una protección específica se debe hacer basándose en las condiciones del lugar donde se instalará, y el hábito de crecimiento de la especie. Al hacer una comparación entre las protecciones con y sin ventilación, las que contaban con ventilación, redujeron considerablemente la temperatura del interior, en cerca de 2.7°C (5°F) (Swistock *et al.*, 1999). Las plantas que se conservan en protecciones altas y rígidas durante largo tiempo, pueden llegar a ahilarse (se reduce el diámetro de su tallo con relación a su altura) y sin poderse sostener cuando se quita la protección (Burger *et al.*, 1996). Algunas consideraciones administrativas que se deben tomar en cuenta antes de usar las protecciones son los costos de adquisición, el montaje e instalación, y el mantenimiento anual después de las nevadas invernales que pueden haberlas aplastado y causado daño a la planta. Sin embargo, los altos costos se pueden ver compensados por el aumento de la supervivencia, de ese modo,

reduciendo la necesidad de replantar en fechas posteriores, cuando la vegetación competidora está establecida.

7.6.10.5 Sombreado

Idealmente, los sitios de plantación proporcionen sombra y protección a los micrositios de plantación, por medio de materiales adecuados como tocones o troncos (Ver la Sección 7.6.5.1). Sin embargo, en ocasiones resulta muy útil instalar sombra artificial para proteger las plantas de sufrir daños por el calor. La resistencia a sufrir daño por el calor aumenta conforme crece la planta, cuando su habilidad para sombreado a sí misma aumenta. Los daños por el calor generalmente ocurren en sitios planos o en aquéllos ubicados hacia el sur, en regiones con veranos calientes y secos, y con cielos despejados, pero también puede suceder en regiones más húmedas, bajo condiciones de sequedad y cielo despejado (Figura 7.6.27B). Sombrear únicamente la base del tallo parece ser tan efectivo para prevenir las lesiones por el calor, como sombreado todo el tallo y algo del follaje, lo que también puede reducir la transpiración (Helgerson, 1989a). La supervivencia a los cinco años de plantas del *Pseudotsuga menziesii* en dos sitios orientados hacia el sur en Oregon, aumentó por haberlas sombreado (Helgerson, 1989b). En otro estudio, el sombreado artificial aumentó de manera significativa la supervivencia en cuatro de seis sitios extremos localizados al oeste de las Montañas "Cascade" (Peterson, 1982). Los materiales que se usan en las sombras artificiales incluyen cartón, teja, lonas de tela rígida y otros materiales, los cuales deberán instalarse en el lado sur o suroeste de cada planta (Figura 7.6.27C).

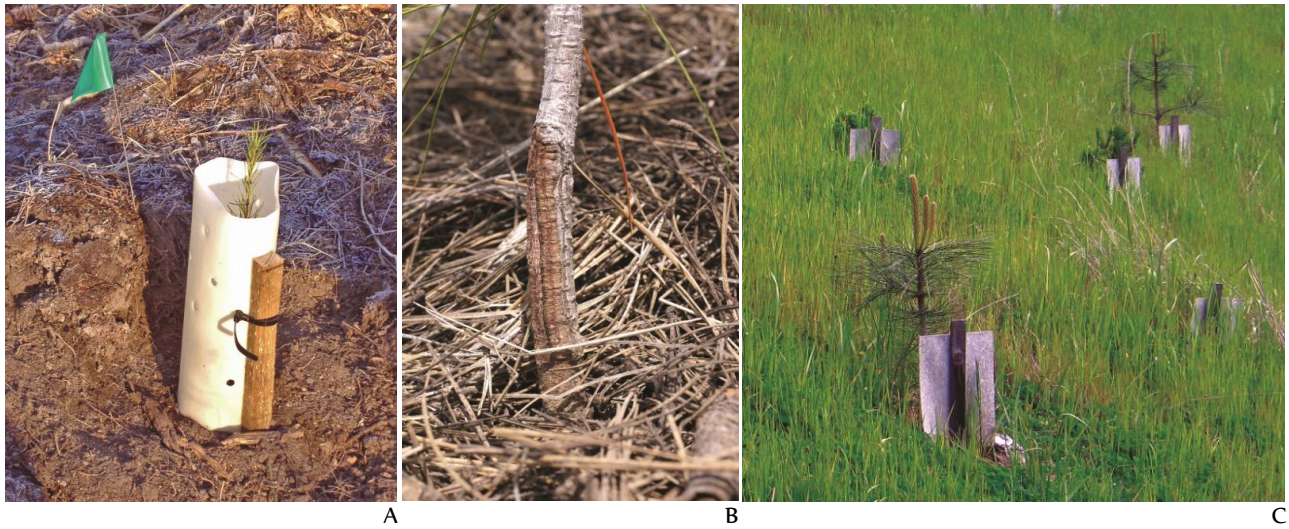


Figura 7.6.27 Los refugios de árboles (A) protegen las plantas de daño por animales y quemaduras del sol (B); el sombreado es también efectivo contra el daño por el sol, aunque debe instalarse en el lado suroeste de la planta (C).

7.6.10.6 Riegos

Aunque el riego es imposible en los típicos sitios de reforestación, en ocasiones se necesita regar las plantas después de la plantación, en sitios de restauración con clima extremo, por lo que hay que usar técnicas especiales. Por ejemplo, en uno sitio del Desierto de Sonora, las plantas de *Prosopis glandulosa* fueron regadas por medio de tubos de plástico, para asegurarse que el agua llegara hasta la zona de la raíz, sin que hubiera pérdida por evaporación. Cuatro años después, las plantas que habían sido regadas de manera profunda, tuvieron tres veces mejor supervivencia y crecieron más altas, que las plantas a las que solamente se les regó por encima de la superficie. Mayor información sobre el riego profundo y otras técnicas se pueden encontrar en Bainbridge (2007) y Steinfeld *et al.* (2007).

7.6.11 Monitoreo del desempeño de la plantación

La reforestación y restauración son inversiones costosas, por lo que es de sentido común llevar a cabo inspecciones para evaluar las necesidades, monitorear el desempeño, y seguir muy de cerca el éxito de la plantación a largo plazo. Muchas formas distintas de llevar a cabo las evaluaciones han sido documentadas en la literatura (Pearce, 1990; Stein, 1992); y una excelente guía de cómo evaluar las plantaciones de restauración se puede encontrar en el Capítulo 12 de Steinfeld *et al.* (2007).

La siguiente discusión tiene que ver con el monitoreo de la calidad de la plantación durante todo el proyecto. La única manera para saber si la plantación se está haciendo correctamente, es conduciendo una inspección, yendo justo detrás del equipo de plantadores (Neumann y Landis, 1995). En los contratos de trabajo de una plantación, estas inspecciones certifican si la labor cumple con todas las especificaciones, y los resultados se utilizan para calcular el pago. Las inspecciones rápidas y bien documentadas también pueden servirnos como una guía para aumentar el éxito de las plantaciones en proyectos posteriores. Por ejemplo, en el Estado de Texas, la incidencia de fracaso en la plantación se redujo a más de la mitad (de un 40% a cerca del 16%), después que se iniciara un programa de inspección (Boggs, 1994).

La clásica inspección de una plantación consiste en llevar a cabo los siguientes tres pasos (Rose, 1992):

Supervisión del número y distribución espacial de las plantas. Se establecen sitios para determinar si el número de plantas que se establecen en un área determinada es el correcto, si se seleccionaron bien los lugares para la plantación, y si las plantas están espaciadas adecuadamente. La nueva tecnología puede ayudar a hacer más fácil este trabajo. Durante un estudio reciente de investigación, a un plantador de punta (dibble) se le adaptaron varios accesorios: un

acelerómetro, una unidad GPS (Sistema de Posicionamiento Global), y un capturador de datos para registrar la información, y mapear la ubicación exacta de cada planta, conforme se iban plantando. Los resultados obtenidos mostraron que el equipo había contado con mucha precisión ($\pm 7\%$) el número de plantas establecidas. Aunque el sistema GPS no fue lo suficientemente sensible para identificar individualmente a cada planta, este problema se puede solucionar utilizando un equipo nuevo con mucha más precisión (McDonald *et al.*, 2008).

Reconocimiento del área. Se examina una muestra representativa de plantas para verificar si el lugar de la plantación se seleccionó correctamente, y para verificar la calidad de limpieza del terreno, la orientación del tallo, la profundidad de la plantación, y el uso de sombra natural o artificial. La profundidad de la plantación es uno de los aspectos más trascendentes que hay que examinar, y normalmente se especifica con relación al límite superior del cepellón (Figura 7.6.28A; ver Sección 7.6.6.2).

Reconocimiento del subsuelo. Con una pala plantadora (Figura 7.6.18C) se excava un hoyo a un lado de la planta para verificar si la orientación de la raíz es la adecuada, si hubiera tierra suelta, bolsas de aire, y material extraño dentro del hoyo, entre otros. Comience por excavar lo suficientemente alejado del tallo principal, a unos (25 cm [10 in]) de distancia, a modo de no afectar las raíces al estar insertando la pala. Después, y mientras excava, vaya cuidadosamente deshaciéndose de la tierra que se acumule cerca del cepellón, para que al final pueda inspeccionar la posición en la que fue plantado (Figura 7.6.28B). El cepellón deberá encontrarse en una posición vertical, sin estar torcido, aplastado, ni enredado, y el hoyo no deberá tener piedras, palos, conos, ni algún otro tipo de residuo extraño. La tierra deberá estar casi tan firme como el resto del suelo que no ha sido tocado y sin bolsas de aire. En las plantaciones hechas con un taladro,

asegúrese y revise la firmeza de la tierra que está cerca del fondo de la excavación (USDA Forest Service, 2002).

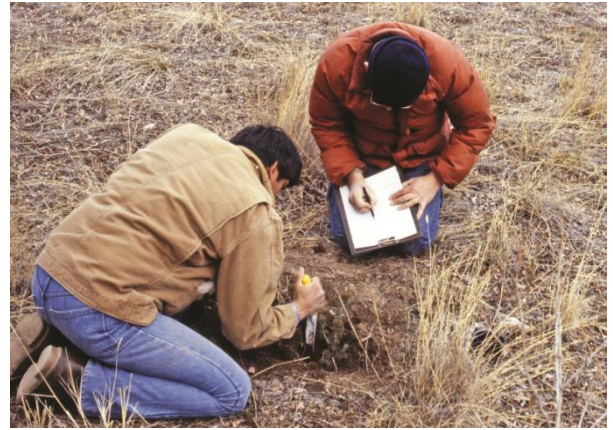
7.6.11.1 ¿Cuál es el mejor tipo de evaluación?

Tradicionalmente se han utilizado dos formas de evaluación, sitios circulares y en hileras con estacas. Cada una tiene sus propias ventajas.

Sitios circulares. El método tradicional para determinar la densidad de plantación se hace midiendo parcelas de 40 m² (1/100 acre) que estén distribuidas equitativamente en toda la plantación. Una muestra adecuada es aproximadamente 2.5 sitios/ha (una por acre), generalmente con no más de 30 sitios distribuidos equitativamente por toda el área plantada. Un sitio de una centésima de acre tiene un radio de 3.6 m (11 ft, 9.3 in), la cual se establece con una estaca central y un cordel o cáñamo de esta medida (Longo y Dicke, 2006). Se cuentan todas las plantas que han sido establecidas dentro del sitio, se miden y se examinan sus tallos y follaje. En la planta que se encuentre más cerca del centro, se excava hasta llegar al sistema radical, para evaluar la técnica de plantación que se siguió. Se registra la información de cada sitio por separado en un formato de evaluación (Figura 7.6.28C), utilizando el criterio de evaluación que se muestra en la Figura 7.6.14.

Hileras estacadas. Ya que en muchas ocasiones es difícil poder localizar las plantas deseadas debido al rápido crecimiento de las malezas, se marcan por hileras de 10 plantas, con estacas para que sea más fácil su localización en las siguientes evaluaciones. Establezca un punto de inicio que sea fácil de localizar, y coloque una estaca a cada 10 plantas a todo lo largo de un transecto con una brújula. La altura, el diámetro y la condición de la planta, junto con el promedio de espaciamiento que hay entre las plantas, se registran en un formato de evaluación. Los datos registrados en este formato, típicamente son usados para determinar la supervivencia y la velocidad de crecimiento, aunado al promedio de espacio que haya entre las

plantas; también se puede calcular el número de plantas por superficie (Longo y Dicke, 2006).



A



B

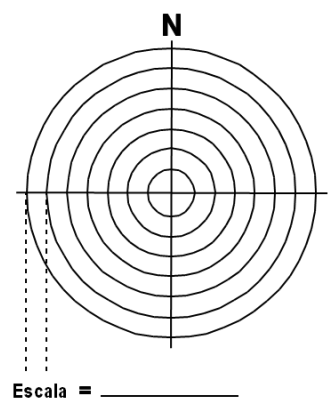
Plantación No. _____		Fecha de plantación _____		Inspector _____		
Sitio No. _____		Fecha de inspección _____		Contrato número _____		
Planta No.	Código Especie	Altura (cm)	Diámetro (mm)	Códigos de condición	Observaciones	Código de condición de planta
						<ol style="list-style-type: none"> 1. Plantación pobre del sitio 2. Plantado demasiado profundo 3. Plantación demasiado superficial 4. Raíz en forma de "J" 5. Compactación pobre. Bolsas de aire 6. Material de escombros en la cepa 7. Planta no vertical 8. Desbroce pobre 9. Densidad muy alta 10. Otros. Proporcionar comentarios
						Mapa del sitio
						 <p style="text-align: center;">Escala = _____</p>

Figura 7.2.28 Lo mejor para realizar la verificación en campo es hacerlo justo después de que se haya plantado (A). Se requiere cavar un hoyo vertical en el costado lateral de la planta (B) para verificar la profundidad apropiada y la posición de los cepellones. El uso de un formato estándar de evaluación (C) asegurará que se levante la misma información en cada sitio de muestreo.

7.6.11.2 ¿Cuál es el mejor diseño de muestreo?

Se recomienda un muestreo sistemático estratificado porque los sitios se localizan a distancias predeterminadas, por lo tanto, fáciles de establecer y localizar nuevamente en el futuro. La estratificación significa que toda la población de plantas dentro del área de plantación estará subdividida en unidades homogéneas, antes de empezar con el muestreo. Primero, se identifican los estratos de condiciones uniformes, después se localizan sistemáticamente los sitios de muestreo que habrá dentro de esas áreas (Pearce, 1990). Estos estratos pudieran basarse en las especies, el origen del vivero, el personal de plantación, o cualquier otro factor que lograra introducir un nivel serio de variación. Las plantas establecidas mecánicamente en tierras de cultivo abandonadas, tendrían menos variabilidad, pues las condiciones del terreno son relativamente uniformes y la variación de un plantador a otro, no es realmente un problema. Por el contrario, se dan muchas variaciones en los proyectos de plantación manual en terreno montañoso, donde existen diferencias en exposición, el tipo de suelo, y la técnica de plantación que se utilizó (Neumann y Landis, 1995).

7.6.11.3 ¿Cuántos sitios son necesarios?

El número de sitios a establecer generalmente se define en función a dos factores: 1) los recursos disponibles (tiempo y dinero); y 2) la variabilidad de los atributos que se medirán. Para calcular el número adecuado de sitios, los estadísticos están interesados en alguna medición de la variabilidad, como lo puede ser la desviación estándar en la altura de los árboles en una plantación. Usando este ejemplo, si en una revisión rápida de la altura de las plantas, ésta varía mucho dentro de la plantación a ser muestreada, entonces se deberán establecer más sitios. Por el contrario, si la altura de las plantas aparentara estar muy uniforme, con menos sitios será suficiente. Si se desea significancia estadística, se tienen disponibles cálculos más complicados para evaluar el número apropiado de sitios, usando

un aproximando de la variabilidad del atributo, y el grado de precisión estadística que se desea encontrar (Stein, 1992).

Determinar el número de sitios basándose en la diversidad, con mucha frecuencia es como un llamado al sentido común, aunque en muchos casos, el 1 al 2 % de la intensidad del muestreo es más que suficiente (Neumann y Landis, 1995).

7.6.12 Conclusiones y recomendaciones

La plantación es la etapa final del proceso de producción, y la supervivencia y crecimiento son las últimas pruebas de la calidad de planta. Las últimas tres etapas del Concepto de Planta Objetivo son críticas para el éxito de la plantación y deben ser consideradas cuando se planean e inician los proyectos de plantación. Cada sitio de plantación es único, y debe ser evaluado para identificar los factores críticos limitantes, así como la mejor época para realizar la plantación, durante el proceso de planeación. La mejor técnica y herramienta de plantación deben ser especificadas durante la planeación, ya que esta decisión tendrá un efecto significativo en la mejor planta por producir. Existe una amplia variedad y opciones de plantación, tanto manual como mecanizada, aunque cada herramienta y técnica podrá ser mejor adaptada a un tipo de producción en particular, y a las condiciones del sitio de plantación. Toda esta información es incluida de manera tradicional en la prescripción del sitio, lo cual guiará el proceso completo desde el vivero hasta la plantación.

El manejo de la producción durante el transporte y en el sitio de plantación tiene un efecto crítico en el desempeño de la plantación. La producción del vivero deberá ser establecida tan pronto como ésta arribe, aunque comúnmente es necesario su almacenamiento durante uno o dos días en el mismo sitio. Es aconsejable planear sobre posibles contingencias, tales como un mal tiempo, problemas con los trabajadores o averías del equipo. Una muestra representativa de la producción del vivero deberá ser verificada tan pronto como ésta llegue al sitio de plantación, a fin de identificar posibles problemas y hacer los ajustes correspondientes. Al mismo tiempo, debe realizarse un reconocimiento del sitio de plantación con el fin de planear cuáles áreas deberán ser plantadas al inicio.

Los tratamientos para la preparación del área, los cuales son también parte de la prescripción del sitio, deberán asegurar la disponibilidad de los suministros y el equipamiento adecuado, a lo largo del tiempo. El espaciamiento de la planta y patrón de plantación deberán haber sido especificados en la prescripción, por lo cual, esta información crítica es parte de la capacitación del personal. Otros tratamientos, como el enmallado de plástico, la protección de las plantas y las coberteras pueden requerir ser aplicados a las plantas al momento de la plantación, para mejorar los factores potenciales limitantes del sitio.

La etapa final en el proceso es la realización de una evaluación durante y después de la plantación, para evaluar, dar seguimiento al desempeño de la plantación y conducir el éxito de la plantación en el tiempo. El mejor tipo e intensidad de muestro dependerá de los objetivos del proyecto, y deberá ser diseñado como parte de la prescripción del sitio. Proyectos exitosos de plantación son el resultado de una buena planeación y ejecución oportuna. Comúnmente es necesario realizar ajustes en el sitio, aunque la mayoría de las contingencias pueden ser anticipadas en la prescripción del sitio.

7.6.13 Literatura citada

- Adams, J.C.; Patterson, W.B. 2004. Comparison of planting bar and hoedad planted seedlings for survival and growth in a controlled environment. In: Connor, K.F., ed. Proceedings of the 12th Biennial Southern Silvicultural Research Conference. Gen. Tech. Rep. SRS-71. Asheville, NC: USDA Forest Service, Southern Research Station: 423-424.
- Adams, P.A. 1998. Soil compaction on woodland properties. The woodland workbook: Forest protection. Corvallis, OR: Oregon State University Extension Service. 8 p.
- Arnott, J.T.; Burdett, A.N. 1988. Early growth of planted western hemlock in relation to stock type and controlled- release fertilizer application. Canadian Journal of Forest Research 18: 710-717.
- Bainbridge, D.A. 2007. A guide for desert and dryland restoration: a new hope for arid lands. Washington, DC: Island Press. 391 p.
- Bainbridge, D.; Tiszler, J.; Macaller, R.; Allen, M.F. 2001. Irrigation and mulch effects on desert shrub transplant establishment. Native Plants Journal 2: 25-29.
- Balisky, A.C.; Burton, P.J. 1997. Planted conifer seedling growth under two soil thermal regimes in high-elevation forest openings in interior British Columbia. New Forests 14: 63-82.
- Barnard, E.L.; Dixon, W.N.; Ash, E.C.; Fraedrich, S.W.; Cordell, C.E. 1995. Scalping reduces impact of soil borne pests and improves survival and growth of slash pine seedlings on converted agricultural croplands. Southern Journal of Applied Forestry 19(2): 49-59.
- Bergsten, U.; Goulet, F.; Lundmark, T.; Lofvenius, M.O. 2001. Frost heaving in a boreal soil in relation to soil scarification and snow cover. Canadian Journal of Forest Research 31(6): 1084-1092.
- Betts, J. 2009. Recent workforce trends and their effects on the silviculture program in British Columbia. In: Dumroese, R.K.; Riley, L.E., tech. coords. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations—2007. Fort Collins (CO): USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station. Proceedings RMRS-P-57: 164-165.
- Boggus, T. 1994. Personal communication. Lubbock, TX: Texas State Forest Service.
- Burger, D.W.; Forister, G.W.; Kiehl, P.A. 1996. Height, caliper growth and biomass response of ten shade tree species to tree shelters. Journal of Arboriculture 22 (4): 161-166.
- Burney, O.T.; Jacobs, D.F. 2009. Influence of sulfometuron methyl on conifer seedling root development. New Forests 37: 85-97.
- 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: 55-77.
- Cleary, B.D.; Greaves, R.D.; Hermann, R.K. 1978. Regenerating Oregon's forests. Corvallis, OR: Oregon State University Extension Service. 286 p.
- Colombo, S. 2008. Personal communication. Thunder Bay, ON: Ontario Forest Research Institute, Centre for Northern Forest Ecosystem Research.
- Converse, C.M. 1999. Mechanical site preparation and tree planting equipment for Alaska. In: Stocking standards and reforestation methods for Alaska. Misc. Publication 99-8. Fairbanks, AK: University of Alaska, Agricultural and Forestry Experiment Station: 57-67.
- Deans, J.D.; Lundberg, C.; Tabbush, P.M.; Cannell, M.G.R.; Sheppard, L.J.; Murray, M.B. 1990. The influence of desiccation, rough handling and cold storage on the quality and establishment of Sitka spruce planting stock. Forestry 63: 129-141.

- Devine, W.D.; Harrington, C.A. 2008. Influence of four tree shelter types on microclimate and seedling performance of Oregon white oak and western red cedar. Res. Pap. PNW-RP-576. Portland, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station. 35 p.
- Devine, W.D.; Harrington, C.A.; Leonard, L.P. 2007. Postplanting treatments increase growth of Oregon white oak (*Quercus garryana* Dougl. ex Hook.) seedlings. Restoration Ecology 15(2): 212-222.
- Domisch, T.; Finér, L.; Lehto, T. 2001. Effects of soil temperature on biomass and carbohydrate allocation in Scots pine (*Pinus sylvestris*) seedlings at the beginning of the growing season. Tree Physiology 21: 465-472.
- Drake-Brockman, G.R. 1998. Evaluation of the Bräcke Planter on UK Restock Sites. Technical Note 7/98. Dumfries UK: Forestry Commission, Technical Development Branch. 10 p.
- Emmingham, W.H.; Cleary, B.C.; DeYoe, D.R. 2002. Seedling care and handling. The woodland workbook: forest protection. Corvallis, OR: Oregon State University Extension Service. 4 p.
- Everett, K.T.; Hawkins, B.J.; Kiiskila, S. 2007. Growth and nutrient dynamics of Douglas-fir seedlings raised with exponential or conventional fertilization and planted with or without fertilizer. Canadian Journal of Forest Research 37(12): 2552-2562.
- Fleming, R.L.; Black, T.A.; Eldridge, N.R. 1994. Effects of site preparation on root zone soil water regimes in high-elevation forest clear cuts. Forest Ecology and Management 68:173-188.
- Frank, D. 1992. Predator odour as a deer browsing repellent: an investigation of an East Coast Vancouver Island Douglas-fir plantation. Victoria, BC: BC Ministry of Forests. FRDA Research Memo No. 204.
- Fredrickson, E. 2003. Fall planting in northern California. In: Riley, L.E.; Dumroese, R.K.; Landis, T.D., tech. coords. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations—2002. Proceedings RMRS-P-28. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 159-161.
- Goulet, F. 1995. Frost heaving of forest tree seedlings: a review. New Forests 9(1): 67-94.
- Grossnickle, S.C. 1993. Shoot water relations and gas exchange of western hemlock and western red cedar seedlings during establishment on a reforestation site. Trees 7: 148-155.
- Grossnickle, S.C. 2000. Ecophysiology of northern spruce species: the performance of planted seedlings. Ottawa, ON: National Research Council Research Press. 409 p.
- Haase, D.L.; Rose, R. 1993. Soil moisture stress induces transplant shock in stored and unstored 2+0 Douglasfir seedlings of varying root volumes. Forest Science 39: 275-294.
- Haase, D.L.; Rose, R.W.; Trobaugh, J. 2006. Field performance of three stock sizes of Douglas-fir container seedlings grown with slow-release fertilizer in the nursery growing medium. New Forests 31:1-24.
- Hains, M.J. 2003. Determining the correct planting depth for container-grown longleaf pine seedlings. In: Kush, J.S., comp. Longleaf pine: a southern legacy rising from the ashes. Proceedings of the Fourth Longleaf Alliance Regional Conference. Longleaf Alliance Report No. 6: 66-68.
- Hallsby, G.; Orlander, G. 2004. A comparison of mounding and inverting to establish Norway spruce on podzolic soils in Sweden. Forestry 77(2): 107-117.
- Harstela, P.; Saarinen, V-M.; Tervo, L.; Kautto, K. 2007. Productivity of planting with M-planter machine. NSFP Nordic Nursery Conference, September 5-6, 2007. Suonenjoki, Finland: Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Unit. 2 p.

- Helgerson, O.T. 1989a. Heat damage in tree seedlings and its prevention. *New Forests* 3: 333-358.
- Helgerson, O.T. 1989b. Effects of alternate types of microsite shade on survival of planted Douglas-fir in southwest Oregon. *New Forests* 3: 327-332.
- Helenius, P. 2005. Effect of thawing regime on growth and mortality of frozen-stored Norway spruce container seedlings planted in cold and warm soil. *New Forests* 29: 33-41.
- Helenius, P.; Luoranen, J.; Rikala, R.; Leinonen, K. 2002. Effect of drought on growth and mortality of actively growing Norway spruce container seedlings planted in summer. *Scandinavian Journal of Forest Research* 17(3): 218-224.
- Helenius, P.; Luoranen, J.; Rikala, R. 2004. Effect of thawing duration and temperature on field performance of frozen-stored Norway spruce container seedlings. *Silva Fennica* 38:347-352.
- Henneman, D. 2007. Personal communication. Medford OR: USDI Bureau of Land Management.
- Heiskanen, J.; Viiri, H. 2005. Effects of mounding on damage by the European pine weevil in planted Norway spruce seedlings. *Northern Journal of Applied Forestry* 22(3): 154-161.
- Hoag, J.C. 2006. The pot planter: a new attachment for the Waterjet Stinger. *Native Plants Journal* 7: 100-101.
- Islam, M.A.; Jacobs, D.F.; Apostol, 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.
- Jacobs, D.F.; Steinbeck, K. 2001. Tree shelters improve survival and growth of planted Engelmann spruce seedlings in southwestern Colorado. *Western Journal of Applied Forestry* 16(3): 114-120.
- Jacobs, D.F.; Rose, R.; Haase, D.L. 2003. Incorporating controlled-release fertilizer technology into outplanting. In: Riley, L.E.; Dumroese, R.K.; Landis T.D., tech. coords. National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations—2002. Proceedings RMRS-P-28. Ogden, UT: USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station: 37-42.
- Jacobs, D.F.; Rose, R.; Haase, D.L.; Alzugaray, P.O. 2004. Fertilization at planting inhibits root system development and drought avoidance of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii*) seedlings. *Annals of Forest Science* 61(7): 643-651.
- Jeffrey, J.; Horiuchi, B. 2003. Tree planting at Hakalau National Wildlife Refuge—the right tool for the right stock type. *Native Plants Journal* 4: 30–31.
- Johnson, G.R.; Okula, J.P. 2006. Antelope bitterbrush reestablishment: A case study of plant size and browse protection effects. *Native Plants Journal* 7: 125-133.
- Jones, B.; Alm, A.A. 1989. Comparison of planting tools for containerized seedlings: two-year results. *Tree Planters' Notes* 40(2): 22-24.
- Kaye, T.N. 2001. Propagation and population re-establishment for tall bugbane (*Cimicifuga elata*) on the Salem District, BLM. Second year report. Philomath, OR: Institute for Applied Ecology. 12 p.
- Khadduri, N. 2008. Personal communication. Olympia, WA: Washington Department of Natural Resources, Webster State Nursery.
- Kloetzel, S. 2004. Revegetation and restoration planting tools: an in-the-field perspective. *Native Plants Journal* 5: 34-42.
- Kooistra, C.M.; Bakker, J.D. 2002. Planting frozen conifer seedlings: Warming trends and effects on seedling performance. *New Forests* 23: 225-237.
- Kooistra, C.M.; Bakker, J.D. 2005. Frozen-stored conifer container stock can be outplanted without thawing. *Native Plants Journal* 6: 267-278.
- Krumlik, G.J. 1984. Fall-planting in the Vancouver Forest Region. Victoria, BC: BC Ministry of Forests. Research Rep. 84002-HQ.

- Landis, T.D.; Dumroese, R.K. 2009. Using polymer-coated controlled-release fertilizers in the nursery and after outplanting. Lincoln, NE: USDA Forest Service. Forest Nursery Notes-Winter 2009. 29(1): xxx-yyy.
- Landhäuser, S.; DesRochers, A.; Lieffers, V.J. 2001. A comparison of growth and physiology in *Picea glauca* and *Populus tremuloides* at different soil temperatures. Canadian Journal of Forest Research 31: 1922-1929.
- Lof, M.; Rydberg, D.; Bolte, A. 2006. Mounding site preparation for forest restoration: survival and short term growth response in *Quercus robur* L. seedlings. Forest Ecology and Management 232(1-3): 19-25.
- Londo, A.J.; Dicke, S.G. 2006. measuring survival and planting quality in new pine plantations. Technology Bulletin SREF-FM-001. Athens, GA: University of Georgia. Southern Regional Extension Forestry. 5p.
- Lopushinsky, W.; Max, T.A. 1990. Effect of soil temperature on root and shoot growth and on budburst timing in conifer seedling transplants. New Forests 4: 107- 124.
- Lowman, B. 1999. Tree planting equipment. IN: Stocking standards and reforestation methods for Alaska. Misc. Publication 99-8. Fairbanks, AK: University of Alaska, Agricultural and Forestry Experiment Station: 74-77.
- Luoranen, J.; Rikala, R.; Smolander, H. 2004. Summer planting of hot-lifted silver birch container seedlings. In: Ciccamesse, L.; Lucci, S.; Mattsson, A., eds. Nursery production and stand establishment of broadleaves to promote sustainable forest management; 7-10 May 2001; Rome. Rome, Italy: APAT (Italy's Agency for the Protection of the Environment and for Technical Services): 207-218. URL: <http://www.iufro.org/publications/proceedings/> (accessed 23 Jan 2009).
- Luoranen, J.; Rikala, R.; Konttinen, K.; Smolander, H. 2005. Extending the planting period of dormant and growing Norway spruce container seedlings to early summer. Silva Fennica 39(4): 481-496.
- MacGowan, B.J.; Severeid, L.; Skemp, F. 2004. Control of deer damage with chemical repellents in regenerating hardwood stands. In: Michler, C.H.; Pijut, P.M.; Van Sambeek, J.W.; Coggeshall, M.V.; Seifert, J.; Woeste, K.; Overton, R.; Ponder, F., Jr., eds. Black walnut in a new century, proceedings of the 6th Walnut Council research symposium. Gen. Tech. Rep. NC-243. Lafayette, IN. USDA Forest Service, North Central Research Station.
- Maki, D.S.; Colombo, S.J. 2001. 161 Early detection of the effects of warm storage on conifer seedlings using physiological tests. Forest Ecology and Management 154(1-2): 237-249. McKay, H.M.; Gardiner, B.A.; Mason, W.L.; Nelson, D.G.; Hollingsworth, M.K. 1993. The gravitational forces generated by dropping plants and the response of Sitka spruce seedlings to dropping. Canadian Journal Forest Research 23: 2443-2451.
- McDonald, P.M.; Fiddler, G.O.; Henry, W.T. 1994. Large mulches and manual release enhance growth of ponderosa pine seedlings. New Forests 8: 169-178. 193
- McDonald, T.P.; Fulton, J.P.; Darr, M.J.; Gallagher, T.V. 2008. Evaluation of a system to spatially monitor hand planting of pine seedlings. Computers and Electronics in Agriculture 64: 173-182.
- Meikle, T.W. 2008. Personal communication. Hamilton, MT: Great Bear Restoration.
- Miller, D.L.; Brewer, D.W. 1984. Effects of site preparation by burning and dozer scarification on seedling performance. For. Tech. Paper TP-91-1. Lewiston, ID: Potlatch Corp.
- Mitchell, W.K.; Dunsworth, G.; Simpson, D.G.; Vyse, A. 1990. Seedling production and processing: container. In: Lavender, D.P.; Parish, R.; Johnson, C.M.; Montgomery, G.; Vyse, A.; Willis, R.A.; Winston, D. Regenerating British Columbia's forests. Vancouver, BC: University of British Columbia Press: 235-253.

- Moore, J.A.; Fan, Z. 2002. Effect of root-plug incorporated controlled-release fertilizer on two-year growth and survival of planted ponderosa pine seedlings. *Western Journal of Applied Forestry* 17: 216-219.
- Munshower, F.F. 1994. Practical handbook of disturbed land revegetation. Boca Raton, FL: CRC Press. 265 p.
- Nelson, J.A. 1984. Elk springs burn seedling survival study - July 1982 to April, 1984. Mescalero, NM: Bureau of Indian Affairs, Mescalero Agency. 14 p.
- Neumann, R.W.; Landis, T.D. 1995. Benefits and techniques for evaluating outplanting success. In: Landis, T.D.; Cregg, B., tech. coords. National Proceedings, Forest and Conservation Nursery Associations. Gen. Tech. Rep. PNW-GTR-365. Portland, OR: USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 36-43.
- Nieuwenhuis, M.; Egan, D. 2002. An evaluation and comparison of mechanised and manual tree planting on afforestation and reforestation sites in Ireland. *International Journal of Forest Engineering* 13(2): 11- 23.
- Nilsson, U.; Orlander, G. 1995. Effects of regeneration methods on drought damage to newly planted Norway spruce seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 25: 790-802. 162
- Orlander, G.; Hallsby, G.; Gemmel, P.; Wilhelmsson, C. 1998. Inverting improves establishment of *Pinus contorta* and *Picea abies*: 10-year results from a site preparation trial in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 13: 160-168.
- Page-Dumroese, D.S.; Dumroese, R.K.; Jurgensen, M.F.; Abbott, A.; Hensiek, J.J. 2008. Effect of nursery storage and site preparation techniques on field performance of high-elevation *Pinus contorta* seedlings. *Forest Ecology and Management* 256: 2065-2072.
- 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*. Markham, ON: Ontario Ministry of Natural Resources and Fitzhenry & Whiteside Ltd: 325-341.
- Peterson, A.; Charton, J. 1999. Advantages and disadvantages of machine planting in south-central Alaska. In: *Stocking standards and reforestation methods for Alaska*. Misc. Publication 99-8. Fairbanks, AK: University of Alaska, Agricultural and Forestry Experiment Station: p.68-73.
- Petersen, G.J. 1982. The effects of artificial shade on seedling survival on western Cascade harsh sites. *Tree Planters' Notes* 33: 20-23.
- Pearce, C. 1990. Monitoring regeneration programs. In: Lavender, D.P.; Parish, R.; Johnson, C.M.; Montgomery, G.; Vyse, A.; Willis, R.A.; Winston, D. *Regenerating British Columbia's forests*. Vancouver, BC: University of British Columbia Press: 98-116.
- Rose, R. 1992. Seedling handling and planting. In: Hobbs, S.D.; Tesch, S.D.; Owston, P.W.; Stewart, R.E.; Tappeiner, J.C.; Wells, G.E. *Reforestation practices in southwestern Oregon and northern California*. Corvallis, OR: Oregon State University, Forest Research Laboratory: 328-344.
- Rose, R.; Haase, D. 1997. Thawing regimes for freezer stored container stock. *Tree Planters' Notes* 48: 12-18.
- Rose, R.; Haase, D.L. 2006. Guide to reforestation in Oregon. Corvallis, OR: College of Forestry, Oregon State University. 48p.
- Rose, R.; Ketchum, J.S. 2002. Interaction of vegetation control and fertilization on conifer species across the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Forest Research* 32: 136-152.
- Rose, R.; Rosner, L. 2005. Eighth-year response of Douglas-fir seedlings to area of weed control and herbaceous versus woody weed control. *Annals of Forest Science* 62: 481-492. 163

- Saarinen, V. 2007. Productivity, quality of work and silvicultural result of mechanized planting. Nordic Nursery Conference Sept. 5, 2007. Suonenjoki, Finland: Finnish Forest Research Institute, Suonenjoki Research Station. 13 p. Website: http://www.metla.fi/tapahtumat/2007/nsfptaimitarharetkeily/abstracts/nsfp0_50907-saarinen.pdf (accessed 16 Feb 2008).
- Sahlen, K.; Goulet, F. 2002. Reduction of frost heaving of Norway spruce and Scots pine seedlings by planting in mounds or in humus. *New Forests* 24(3): 175-182.
- Scotts Company. 2007. Agriform planting tablets. Website: www.scottspro.com/_documents/tech_sheets/H5108_A_griform_20_10_5.pdf (accessed 21 Feb 2009).
- Sharpe, A.L.; Mason, W.L.; Howes, R.E.J. 1990. Early forest performance of roughly handled Sitka spruce and Douglas fir of different plant types. *Scottish Forestry* 44: 257-265.
- Shoulders, E. 1958. Scalping, a practical method of increasing plantation survival. *Forest Farmer* 17(10): 10-11
- Slusher, J.P. 1993. Mechanical tree planters. Publication G5009. Columbia, MO: University of Missouri- Columbia, Extension Publications. 5 p.
- South, D.B. 2008. Personal communication. Auburn, AL: Auburn University, Department of Forestry and Wildlife Sciences.
- St-Amour, M. 1998. Evaluation of a powered auger for planting large container seedlings. Forest Engineering Research Institute of Canada, Field Note: Silviculture - 107. 2 p.
- Stein, W.I. 1992. Regeneration surveys and evaluation. In: Hobbs, S.D.; Tesch, S.D.; Owston, P.W.; Stewart, R.E.; Tappeiner, J.C.; Wells, G.E., eds. *Reforestation practices In southwestern Oregon and northern California*. Corvallis, OR: Oregon State University, Forest Research Laboratory: 346- 382.
- Steinfeld, D.E.; Riley, S.A.; Wilkinson, K.M.; Landis, T.D.; Riley, L.E. 2007. Roadside revegetation: an integrated approach to establishing native plants. Publication FHWA-WFL/TD-07-005. Vancouver, WA: Federal Highway Administration, Western Federal Lands Highway Division, Technology Deployment Program. 413 p.
- Stroempl, G. 1990. Deeper planting of seedlings and transplants increases plantation survival. *Tree Planters' Notes* 41(4): 17-21.
- Sutherland, B.; Foreman, F.F. 2000. Black spruce and vegetation response to chemical and mechanical site preparation on a boreal mixed wood site. *Canadian Journal of Forest Research* 30: 1561-1570.
- Sutton, R.F. 1993. Mounding site preparation: a review of European and North American experience. *New Forests* 7: 151-192.
- Swistock, B.R.; Mecum, K.A.; Sharpe, W.E. 1999. Summer temperatures inside ventilated and unventilated brown plastic tree shelters in Pennsylvania. *Northern Journal of Applied Forestry* 16(1): 7-10.
- Tabbush, P.M. 1986. Rough handling, soil temperature, and root development in outplanted Sitka spruce and Douglas-fir. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 1385-1388.
- Talbert, C. 2008. Achieving establishment success the first time. *Tree Planters' Notes* 53(2): 31-37.
- Tan, W.; Blanton, S.; Bielech, J.P. 2008. Summer planting performance of white spruce 1+0 container seedlings affected by nursery short-day treatment. *New Forests* 35 (2): 187-205.
- Taylor, E. 2005. Shift of weather patterns necessitates rethinking of reforestation methods. Texas A&M University, Agricultural Communications. Website: http://agnews.tamu.edu/dailynews/stories/FRSC/May27_05a.htm
- Thomas, D.S. 2008. Hydrogel applied to the root plug of subtropical eucalypt seedlings halves transplant death following planting. *Forest Ecology and Management* 255: 1305-1314.
- Tinus, R.W. 1996. Cold hardiness testing to time lifting and packing of container stock: a case history. *Tree Planters' Notes* 47(2): 62-67.

- Trent, A. 1999. Improved tree-planting tools. Timber Tech Tips 9924-2316-MTDC. Missoula, MT: USDA Forest Service, Technology and Development Program. 6 p.
- Troy, T.; Loewenstein, E.; Chappelka, A. 2006. Effect of animal browse protection and fertilizer application on the establishment of planted Nuttall oak seedlings. *New Forests* 32 (2): 133-143.
- Truax, B.; Gagnon, D. 1993. Effects of straw and black plastic mulching on the initial growth and nutrition of butternut, white ash and bur oak. *Forest Ecology and Management* 57: 17-27.
- USDA 2002. *Silvicultural practices handbook* (2409.17), Chapter 2 - reforestation. Missoula, MT: USDA Forest Service. 106 p.
- van den Driessche R. 1987. Importance of current photosynthate to new root growth in planted conifer seedlings. *Canadian Journal of Forest Research* 17: 776-782. 195
- Van den Driessche R. 1988. Response of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) to some different fertilizers applied at planting. *New Forests* 2: 89- 110.
- Vapaavuori, E.M.; Rikala, R.; Ryyppö, A. 1992. Effects of root temperature on growth and photosynthesis in conifer seedlings during shoot elongation. *Tree Physiology* 10: 217-230.
- White, J.J. 1990. Nursery stock root systems and tree establishment. Forestry Commission Occasional Paper 20. 43p.
- Zalasky, H. 1983. Field storage of containerized conifer seedlings. *Forest Management Note* 20. Edmonton, AL: Northern Forest Research Centre. 3 p.

