



Trasplante

Diane L. Haase, Thomas D. Landis, y R. Kasten Dumroese

17

La supervivencia y el desarrollo después del trasplante en exterior constituyen las pruebas finales de la calidad de la planta del vivero. Después de que las plantas del vivero se arraigan en el campo, estas proporcionarán muchos beneficios al ambiente al mejorar la calidad del suelo, optimizar la biodiversidad, inhibir la proliferación de plantas invasivas, capturar carbono, restaurar las poblaciones de plantas nativas, proporcionar barreras contra el viento, crear hábitats para la vida silvestre y evitar la erosión del suelo. Además, las plantas nativas y tradicionales arraigadas pueden proporcionar alimentos, combustible, medicinas, artesanías, forraje para los animales, embellecimiento y muchos otros beneficios. La planificación cuidadosa realizada con bastante anticipación es importante en cuanto a los ocho pasos del Concepto de Planta Objetivo. Adicionalmente, el cuidado en la preparación del sitio, la manipulación de las plantas en el sitio, la selección de puntos para la plantación, las técnicas apropiadas para la plantación, el soporte y protección de las plántulas y el control de calidad durante el proceso de trasplante en exterior, todos ayudan a asegurar que las plantas tendrán las mejores posibilidades de sobrevivir. El monitoreo a largo plazo por el cliente y el seguimiento del vivero pueden ayudar a refinar los requisitos de la planta objetivo y mejorar el éxito futuro en los proyectos.

Página opuesta: *Plántulas nativas listas para el trasplante en un pastizal antiguo en Hawái. Foto de Douglass F. Jacobs.*

Revisión del Concepto de Planta Objetivo y lo que Implica para el Trasplante en Exterior

La aplicación del concepto de planta objetivo y programación adecuada que se logra al trabajar con los clientes para definir la planta objetivo para su sitio de trasplante en exterior (Capítulo 3, Definición de la Planta Objetivo, y Capítulo 4, Planificación de los Cultivos: Protocolos de Propagación, Cronogramas y Registros). La planta objetivo es de la especie y fuente genética correctas; tiene el tamaño, edad y forma apropiada para su finalidad; y está lista en el momento correcto para el trasplante con las mejores posibilidades de progresar en el sitio. Estos son los ocho pasos para definir la planta objetivo:

Paso 1: ¿Cuáles son los objetivos del trasplante en exterior?

Paso 2: ¿Cuáles son las condiciones del sitio de trasplante exterior?

Paso 3: ¿Qué factores del sitio del proyecto podrían limitar su éxito?

Paso 4: ¿Cómo se mitigarán los factores limitantes?

Paso 5: ¿Qué especies y fuentes genéticas cumplirán con los objetivos del proyecto?

Paso 6: ¿Qué tipos de materiales vegetales (tipos de stock) son los más apropiados para el sitio y objetivos del proyecto?

Paso 7: ¿Cuáles son las mejores herramientas y técnicas para los trasplantes en exterior?

Paso 8: ¿Cuál es el mejor momento para hacer el trasplante en exterior?

El desempeño del trasplante en exterior (supervivencia y crecimiento) depende de la consideración cuidadosa de cada paso. Para cumplir con los objetivos del proyecto (paso 1), los materiales vegetales (pasos 5 y 6) deberán adecuarse a las condiciones específicas del sitio (pasos 2 y 3). Asimismo, el trasplante en exterior exitoso depende de elegir el momento óptimo (paso 8), la preparación del sitio (paso 4) y las técnicas de plantación adecuadas (paso 7). A continuación, encontrará una revisión rápida de algunos de estos aspectos clave de la planta objetivo en cuanto al proceso de trasplante en exterior.

La Ventana de Trasplante Exterior

La ventana de trasplante en exterior se define como el periodo durante el cual las condiciones ambientales en el sitio son las más favorables para la supervivencia y crecimiento de las plantas de vivero trasplantadas en exterior. El factor principal determinante es la humedad del suelo, pero otros factores ambientales o biológicos también pueden influenciar la ventana de trasplante. En los sitios tropicales que tienen estaciones secas y húmedas, la ventana de trasplante en exterior tiene que ocurrir tan pronto como sea posible después que empie-

cen las lluvias confiables para que las plantas tengan tiempo suficiente para desarrollar sistemas radiculares arraigados antes de que empiece la estación seca. Se trasplantan en exterior las plantas del vivero cuando la humedad del suelo es alta y las pérdidas evapotranspiracionales (del viento y del sol) son bajas. En los lugares en los que la estación seca es muy corta, como es el caso del lado del Caribe de gran parte de América Central y algunas de las islas más húmedas del Caribe, la siembra puede realizarse durante todo el año. A fin de asegurar que el trasplante en exterior pueda empezar en el momento óptimo, es crucial tener una planificación cuidadosa, junto con una coordinación estrecha con el vivero (ver el Capítulo 4, Planificación de los Cultivos: Protocolos de Propagación, Cronogramas y Registros).

Condiciones Limitantes del Sitio

Tiene suma importancia identificar los factores ambientales del sitio de trasplante en exterior que pueden limitar la supervivencia y el crecimiento. La temperatura y la humedad son por lo general los más limitativos y estos se analizan en las siguientes secciones: También deberán tomarse en cuenta otros factores del sitio, tales como su aspecto y tipo de suelo. Se deberán evaluar las condiciones limitativas de cada sitio de trasplante en exterior antes del trasplante en sí, a fin de determinar la ventana de trasplante óptima.

Humedad del Suelo

La humedad del suelo juega un rol vital en la absorción y translocación de nutrientes y puede tener una influencia significativa en la supervivencia y crecimiento de las plantas tropicales (Engelbrecht y Kursar 2003). Después del trasplante, un sistema radicular deberá poder tomar suficiente agua del suelo que lo rodea para satisfacer los requisitos transpiracionales del brote. Si la humedad del suelo no es la adecuada, la plántula puede estresarse lo que produce tasas de fotosíntesis más bajas, menor crecimiento y mortalidad.

Humedad del Aire y Velocidad del Viento

Las condiciones climatológicas en el momento del trasplante tienen un efecto directo en el estrés de la humedad de la planta. Un aumento en la temperatura del aire y la velocidad del viento afectan ambos la transpiración, especialmente cuando la humedad relativa es baja. La humedad relativa no influencia las tasas de evapotranspiración tanto como el déficit de presión de vapor, que es la diferencia entre la cantidad de agua que el aire puede mantener a una temperatura dada y la cantidad de agua en el momento de la saturación. Por lo tanto, es mejor plantar durante las horas tempranas de la mañana cuando las temperaturas del aire son frescas y las velocidades del viento son bajas. Cuando el clima está soleado, ventoso o seco, es necesario tomar precauciones de protección adicionales a fin de minimizar los estreses de la planta. En casos

extremos, la operación de la plantación puede tener que suspenderse hasta que las condiciones sean más favorables para el trasplante en exterior.

Aspecto del Sitio y Secuencia de la Plantación

Las condiciones pueden variar en diferentes ubicaciones en el área de plantado, especialmente en terreno montañoso. El aspecto, o la dirección de las pendientes montañosas en cuanto a la exposición solar, puede tener una influencia poderosa en el éxito del trasplante en exterior. En el hemisferio norte, las partes que miran al sur y oeste tienen un ambiente más caliente y seco que las que miran al norte y este, mientras que, en el hemisferio sur, las partes que miran al norte y este, tienen un ambiente más seco que los orientados al sur y oeste. Dependiendo de la gravedad de la humedad o estrés de la temperatura, el sombreado del stock trasplantado en exterior puede ayudar a mitigar estos tipos de tensiones.

Temperatura

En las regiones tropicales, las temperaturas bajas son solo un problema para los sitios de plantación montañosos, y la escarcha es muy poco frecuente. Las plantas destinadas a estos sitios necesitan endurecerse en forma adecuada para minimizar la vulnerabilidad para enfrentar los daños del frío. Las altas temperaturas y la carga solar son con más frecuencia una preocupación seria durante el trasplante en exterior, especialmente en los sitios de tierra baja. Las temperaturas de la tierra a pleno sol son por lo general mucho más calientes que la temperatura ambiente. Son notables los pastizales abandonados u otros sitios de restauración/rehabilitación por tener temperaturas extremas de la tierra que pueden contribuir a una pérdida rápida de la humedad y hasta una contracción y craqueo del suelo. Las plantas nuevas trasplantadas en exterior pueden escaldarse por el sol o quemarse las hojas. Aún si las temperaturas son altas, una sencilla cubierta de nubes puede reducir dramáticamente la carga solar y disminuir las temperaturas de la tierra.

Otros Factores Limitantes

El cultivo adecuado del stock en el vivero puede ayudar a superar muchos otros factores limitantes del sitio tales como la falta de microorganismos beneficiosos y la baja fertilidad del suelo. Se pueden superar otros factores limitativos del sitio por medio de su preparación, los métodos de trasplante y prácticas de mantenimiento, tal como se describe más adelante en este capítulo.

Selección de Especies

La selección de las especies de plantas para trasplantar depende de los objetivos y necesidades del proyecto y tiene que definirse para satisfacer las condiciones existentes en cada

sitio de trasplante en exterior. Si el objetivo principal es restaurar el sitio a su condición natural, la selección de especies de plantas nativas para esa área puede ser una opción lógica. En los sitios degradados, tales como pastizales abandonados, sin embargo, las condiciones climatológicas y edáficas están muy cambiadas y son muy diferentes a las condiciones a las cuales están adaptadas las especies nativas. En tales casos, con frecuencia es más apropiado plantar especies (no invasivas) que puedan soportar las condiciones extremas. Si el sitio será agroforestal, la selección de especies se basará en el valor para la producción de alimentos o de forraje. Para las plantaciones a lo largo del camino, los árboles deberán poder manejar condiciones difíciles y no producir flores o frutas desprolijas que pueden interferir con los automóviles o con los peatones.

Es especialmente importante tomar en cuenta los requisitos de luz de las especies. Las especies que no soportan la sombra necesitan luz solar total y tienden a ser especies “pioneras” que pueden causar futuras perturbaciones. Las especies que toleran la sombra pueden sobrevivir con menos luz y tienden a crecer con menor velocidad que las especies intolerantes a la sombra. Además, algunas especies son capaces de obtener nitrógeno de la atmósfera y pueden ayudar a mitigar las condiciones deficientes del suelo. Estas características de las plantas pueden ser útiles para decidir qué especies usar en un sitio específico. Por ejemplo, el uso de una especie intolerante a la sombra y pionera en fijar el nitrógeno tal como una especie no invasiva o nativa de Acacia, puede ser ideal para las “tierras malas,” lo sitios abandonados de minas de bauxita y fosfato y los pastizales. Después de que se arraiguen y que las condiciones del sitio hayan mejorado, el sitio puede plantarse con plantas auxiliares nativas. En algunos casos, se establece una cubierta muy alta de árboles exóticos. La cubierta de estos árboles protege las especies de plantas nativas auxiliares que están plantadas debajo de ellas (figura 17.1), teniendo por lo tanto un efecto de cuidado (Feyera y otros 2002).



Figura 17.1—Especies de plantas nativas auxiliares plantadas debajo de una cubierta de árboles altos no nativos en las tierras de mala calidad en Guam. La cubierta de árboles altos sirve para mejorar el suelo y como refugio para las plantas nativas. Foto de Ronald Overton.

La restauración de pastizales abandonados es común en todos los trópicos. Estos pastizales tienden a ser dominados por especies exóticas, invasivas y tienen condiciones especiales que necesitan consideración especial al seleccionar especies para trasplante. Las especies pioneras por lo general se desempeñan mejor cuando se plantan en pastizales anteriores en lugar de especies forestales maduras (Holl y Aide 2011; Hau y Corlett 2003) y usar muchas especies es preferible a usar una pocas (Van der Putten y otros 2000). Una plantación adicional a una etapa de sucesión más adelante se puede hacer para introducir un rango más amplio de especies para mejorar la diversidad (Lamb y otros 2005). También se ha visto que establecer matorrales de rápido crecimiento aumenta la supervivencia de las plántulas de árboles (Holl 2002).

Los objetivos del proyecto también serán los que indiquen cuántas especies plantar en un sitio dado. Una sola especie (“monocultivo”) puede ser deseable al desarrollar cultivos o granjas de árboles. La carencia de diversidad en un monocultivo puede hacer que el sitio sea vulnerable a las enfermedades o a los insectos, pero la cubierta temporal de árboles altos puede estabilizar el microclima, proporciona estructura forestal y alentar la regeneración (Lugo 1997). Pueden elegirse múltiples especies en base a su habilidad para proporcionar beneficios múltiples o para crear una mezcla de cubierta de árboles y matorrales nativos. Por ejemplo, una mezcla de arbustos y árboles puede proporcionar una estructura ideal para una barrera contra el viento o un cinturón de refugio (Upton y deGroot 2008).

Para cualquier especie usada en un sitio, es importante que cumpla con las especificaciones de tamaño objetivo apropiadas para las condiciones específicas de un sitio de trasplante en exterior (ver el Capítulo 3, Definición de la Planta Objetivo) Por ejemplo, las plantas más pequeñas con sistemas radicular no profundos son mejores para sitios con drenaje deficiente. Las plantas más pequeñas también necesitan menos agua que las plantas grandes. Por otro lado, las plantas más grandes pueden competir mejor con la vegetación existente. Adicionalmente, se debe seleccionar la fuente genética apropiada (ver el Capítulo 8, Recolección, Procesamiento y Almacenamiento de Semillas).

Preparación del Sitio

Muchos sitios tropicales se han visto recubiertos con plantas invasivas (figura 17.2) y no pueden recuperarse exitosamente sin una preparación intensiva del sitio (conocida por “preparación del sitio”) para lograr un control adecuado de la vegetación de competencia. Las plantas exóticas e invasivas compiten agresivamente para obtener los nutrientes, agua y luz solar y pueden suprimir o devastar gravemente plantas de vivero nuevas recién plantadas. En algunos casos, las plantas exóticas e invasivas también pueden suponer un riesgo de incendio grave.

La eliminación de la vegetación de competencia tiene varios beneficios (USDA 2002), que puede combinarse para brindarles a las plantas de vivero trasplantadas una ventaja competitiva sobre las plantas exóticas invasivas. La ventaja competitiva es crítica en los sitios tropicales donde el desarrollo de las malezas es rápido y persistente. La preparación del sitio insuere mucho trabajo y es costosa, pero se considera que el esfuerzo vale la pena. Lowery y otros (1993) observaron que el crecimiento y supervivencia de árboles plantados en sitios tropicales pueden aumentar tanto como de 50% a 90%, con control temprano de la vegetación competitiva.

La preparación del sitio también hace que el proceso físico de la plantación sea más fácil reduciendo o manejando parte de los escombros superficiales. Algunos de los escombros superficiales constituyen un recurso valioso del sitio. Por ejemplo, el material de madera puede cortarse en el sitio como mantillo y los troncos caídos o los tocones en pie pueden proporcionar micrositos favorables para la plantación como se describe más adelante en este capítulo.



Figura 17.2—La vegetación existente en los sitios tropicales necesita con frecuencia una preparación intensiva del sitio a fin de reducir la competencia con el stock del vivero trasplantado en exterior. En la figura se muestra: sitio de restauración invadido por pasto espada (*Miscanthus floridulus*) y tangantangan (*Leucaena leucocephala*) en Guam (A); una pared de 8 pies (2.4 m) de altura de enredadera invasiva de caucho (*Cryptostegia grandiflora*) ahoga todas las plantas de madera restantes en un pastizal abandonado en la costa de St. Croix, Islas Vírgenes de los Estados Unidos (B). Foto A de Ronald Overton y foto B de Brian F. Daley.

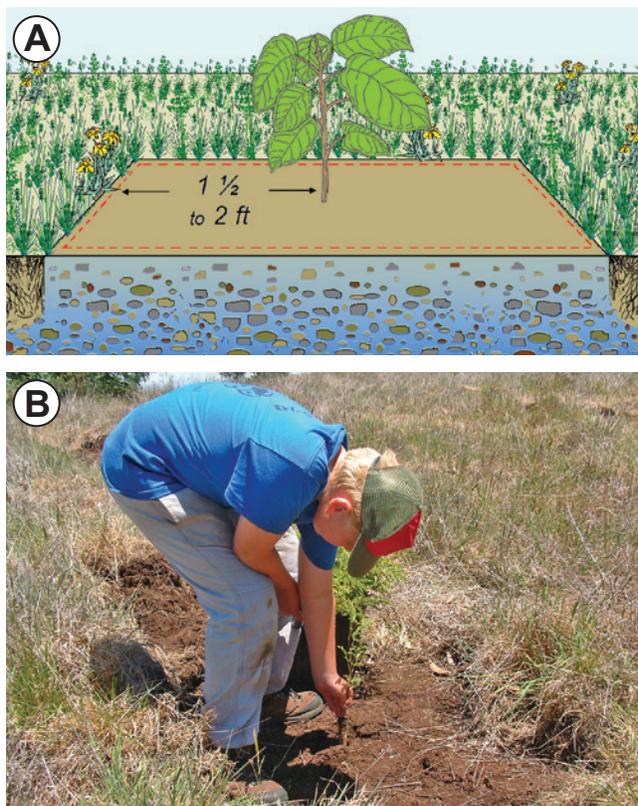


Figura 17.3—El desbroce del pasto o maleza es la eliminación física de plantas y de escombros orgánicos alrededor del agujero de la plantación (A). El desbroce ayuda a controlar la vegetación de competencia y asegura que se planten las plantas en suelo mineral (B). Ilustración A de Jim Marin, modificada de Rose y Haase (2006) y foto B por J.B. Friday.

La preparación del sitio se puede realizar por medio de formas mecánicas o químicas. Es importante recordar que la preparación del sitio es una forma de perturbación y las plantas exóticas e invasivas están bien adaptadas para invadir con éxito los sitios recién perturbados. Por lo tanto, la replantación oportuna de los sitios en los que se ha eliminado la vegetación es importante para prevenir que las malezas vuelvan a colonizar el área que se ha limpiado.

Desbroce

El desbroce es la eliminación de pastos, plantas herbáceas, matorrales pequeños y escombros orgánicos (“materia orgánica”) alrededor de los agujeros de la plantación (figura 17.3A). El desbroce reduce la competencia de las malezas y aumenta la disponibilidad de humedad del suelo. Eliminar los escombros orgánicos alrededor del agujero de la plantación también asegura que las raíces se encuentren en contacto con el suelo mineral (figura 17.3B); stock de vivero plantado en material orgánico o DUFF tienden a secarse rápidamente y mueren con frecuencia. El desbroce no es efectivo con las plantas más grandes, de madera y con raíces profundas.

Desbroce Físico

El desbroce se puede realizar con herramientas para la plantación tales como un azadón o el lado de la cuchilla del azadón. Con otros implementos de plantado, tales como mechas de taladros, otro trabajador realiza el desbroce con anticipación. Los contratos para la plantación con frecuencia contienen especificaciones para el tamaño y profundidad del desbroce. Por ejemplo, el Servicio Forestal necesita que se elimine toda la vegetación de un área de 12 a 24 pulg (30 a 60 cm) alrededor del agujero de la plantación y 1 a 2 pulg (2 a 5 cm) en profundidad. En sitios expuestos, materia orgánica, basura y material vegetal en descomposición debe colocarse nuevamente en la superficie limpiada después de la plantación para usarla como mantillo (USDA 2002). En un estudio, aumentar el tamaño del desbroce dio como resultado una mejora significativa en el crecimiento de plántulas coníferas plantadas después de 4 años (Rose y Rosner 2005).

Desbroce Químico (Aplicación de Herbicida)

Otra opción para la preparación del sitio es matar la vegetación de competencia en el sitio con herbicidas, especialmente alrededor de los agujeros de la plantación. El tratamiento con herbicida es especialmente efectivo para combatir los pastos y otras plantas herbáceas y es útil en sitios tropicales donde el crecimiento de las plantas es rápido (Ammond y otros 2013). Un herbicida de uso general tal como glifosato es efectivo contra un espectro amplio de especies vegetales. La aplicación temporal de herbicidas elimina la competencia por el agua y también crea un mantillo de materia orgánica muerta que reduce la evaporación superficial. El control de la vegetación con herbicidas ha demostrado que aumenta la supervivencia y crecimiento subsiguiente de plantas de vivero trasplantadas en exterior. En un estudio con maderas duras tropicales nativas en Costa Rica, el diámetro de los árboles fue significativamente mayor en las parcelas tratadas con herbicidas (Wightman y otros 2001). Un experimento que evaluó tres niveles de control de vegetación con desbroce químico aumentó significativamente el volumen del tallo, diámetro basal y altura de las plántulas coníferas en cuatro de cinco sitios con área de control de malezas en aumento, y la magnitud de diferencia entre tratamientos aumentó con el tiempo (Rose y Ketchum 2002). A pesar de que las aplicaciones de herbicidas son efectivas en erradicar plantas que no son nativas, también pueden matarlas, por lo que el uso selectivo es necesario.

La más adecuada aplicación del herbicida depende en el tipo de proyecto. Para los proyectos en los que las plantas se plantarán en filas, los herbicidas pueden rociarse en filas por medio de vehículos todo terreno (ATV). Para proyectos más pequeños, una persona entrenada para seleccionar pun-



Figura 17.4—Se puede matar la vegetación de competencia con herbicidas antes de realizar la plantación. Llenar rápidamente las áreas despejadas con las plantas deseadas es importante para evitar el retorno de las malezas. Foto de J.B. Friday.

tos de plantación posibles puede aplicar los herbicidas con un rociador de mochila. En los lugares en que los pastos y malezas son altos, primero se reducen en forma mecánica manualmente, o quemándolos antes de aplicar los herbicidas a los pastos y malezas emergentes. La aplicación de herbicidas puede ser cuidadosamente programada para usar la cantidad mínima posible para el resultado máximo. No aplique jamás el herbicida el mismo día que se hace la plantación y siempre siga las instrucciones en la etiqueta para las cantidades de aplicación y tiempo de retorno al sitio después de la aplicación. Llenar rápidamente las áreas despejadas con las plantas deseadas es importante para evitar el retorno de las malezas (figura 17.4).

Siembra en Montículos

En algunos sitios tropicales, los suelos arcillosos y la materia orgánica combinada con mucha lluvia producen drenaje deficiente y puede ser un impedimento para las plantas de vivero de la plantación. Se usan los montículos para tratar varios factores potencialmente limitantes: competencia de las plantas, aireación deficiente del suelo en sitios húmedos, suelos de poca profundidad y deficiencias nutritivas. Sutton (1993) proporciona un análisis completo del uso de sembrar en montículos y cómo se ha utilizado en todo el mundo. Para el tema que estamos tratando, definimos sembrar en montículos, la excavación mecánica e inversión del tierra y pasto para crear puntos de plantación que sean más altos que el terreno existente. Con capas gruesas de materia orgánica, los montículos resultantes consistirán de una capa de tierra mineral sobre una capa doble de humus (figura 17.5). Los resultados de sembrar en montículos han sido en general favorables, por lo menos en el corto plazo. Un estudio encontró que sembrar en montículos era una alternativa efectiva a los herbicidas para establecer robles pedunculares (*Quercus robur*) en sitios saturados con agua (Lof y otros 2006). Se ha criticado sembrar en montículos desde un punto de vista estético y ecológico y puede tener un efecto nega-

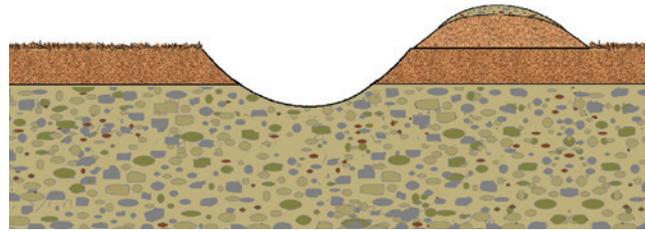


Figura 17.5—En los sitios con capas gruesas de materia orgánica o en suelos cargados de agua, se ha probado que sembrar en montículos es beneficioso para la supervivencia y crecimiento de las plantas. Ilustración de Landis y otros (2010).

tivo en otros valores forestales tales como la recreación (Lof y otros 2006). Por lo tanto, al igual que todos los tratamientos de preparación del sitio, es necesario evaluar cuidadosamente sembrar en montículos de acuerdo con cada sitio y compararlo con otras opciones de preparación del sitio. Es generalmente apropiado solo en áreas donde la gran saturación de agua y copiosidad de las lluvias constituyen un problema.

Plantación en Hoyos (Hoyos Zai)

En los suelos áridos tropicales, se pueden preparar hoyos de poca profundidad durante la estación seca (Kaboré y Reij 2004). Las dimensiones del hoyo (zai) de plantación varía el diámetro de acuerdo con el tipo de suelos (8 a 16 pulg [20 a 40 cm] y profundidad de 4 a 8 pulg [10 a 20 cm]). Se hace un borde del suelo excavado alrededor del hoyo para mejorar su capacidad de retención de agua y se llena el hoyo en compost de materia orgánica. Después de la primera lluvia, se planta el hoyo y se cubre con una capa de tierra. El hoyo (zai) funciona para conservar el agua y reducir la erosión del suelo.

Preparación de Sitios Gravemente Degradados

Muchos sitios tropicales de plantación se establecen en tierras degradadas, tales como tierra abandonada de pastizales, campos agrícolas antiguos o tierra de excavaciones mineras. En los suelos con buen drenaje y planos, con texturas gruesas, se puede usar la preparación mecánica del sitio usando tractores con discos de arado (Ladrach 1992). En sitios bajos y húmedos, los discos pueden ayudar a eliminar el exceso de agua y aumentar la aireación del suelo. Arar el subsuelo para el tratamiento del terreno compactado por años actividad agrícola o de pastoreo o en sitios que tienen una capa dura es efectivo.

En sitios que están gravemente perturbados, es posible que se necesite una preparación inusual para crear sitios de plantación adecuados. Después de la erupción de Mt. St. Helens

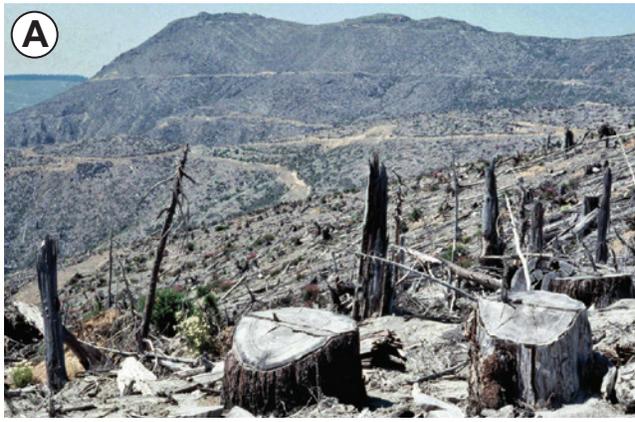


Figura 17.6—Algunos sitios de restauración necesitan preparaciones especiales antes de realizar la plantación. La zona de erupción del Monte Santa Helena en el Estado de Washington estaba cubierta con cenizas volcánicas (A), que tuvieron que ser excavadas y eliminadas para que las plántulas pudieran plantarse en suelos minerales (B). Fotos de Thomas D. Landis.

en el Estado de Washington, la restauración de 150,000 acres (60,700 ha) de bosque maderable constituyó grandes desafíos (figura 17.6A). Los experimentos mostraron que las plántulas deberán plantarse en suelo mineral para sobrevivir, lo que exigió cavar 1 a 2 pies (30 a 60 cm) de ceniza volcánica en cada lugar de plantación (figura 17.6B).

En muchos casos, los sitios de plantación deben someterse a un proceso importante de estabilización antes de poder plantar. Debido a sus taludes empinados y el poder erosivo del agua, los bancos de los arroyos deben estabilizarse con estructuras de bioingeniería antes de que puedan ser objeto de revegetación (figura 17.7A). Los esquejes de madera de muchas especies riparias usadas en las estructuras brotarán (figura 17.7B) y proporcionarán una rápida revegetación (Hoag y Landis 2001). Las áreas riparias pueden restaurarse con estabilización, planificación cuidadosa y plantaciones de calidad (figura 17.7C).

En otras condiciones, la perturbación puede ser tan grave, que la recuperación tiene que realizarse en etapas. Por ejemplo, una estrategia para abordar la restauración de un área de captación, biodiversidad, especies invasivas y problemas de incendios forestales en el sur de Guam involucra un esquema

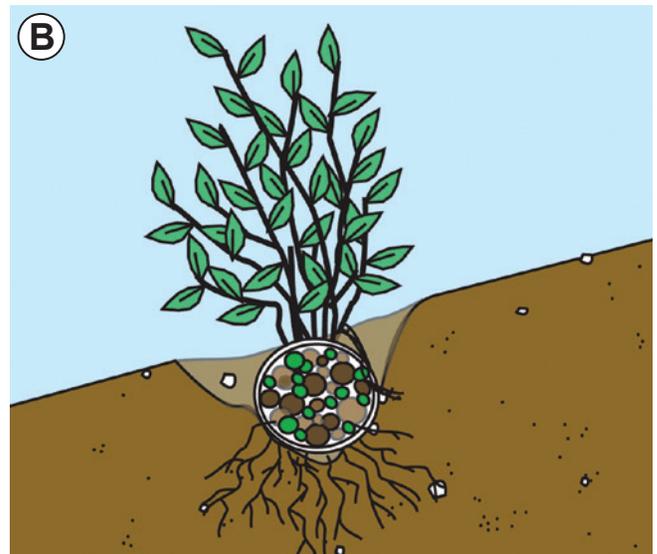
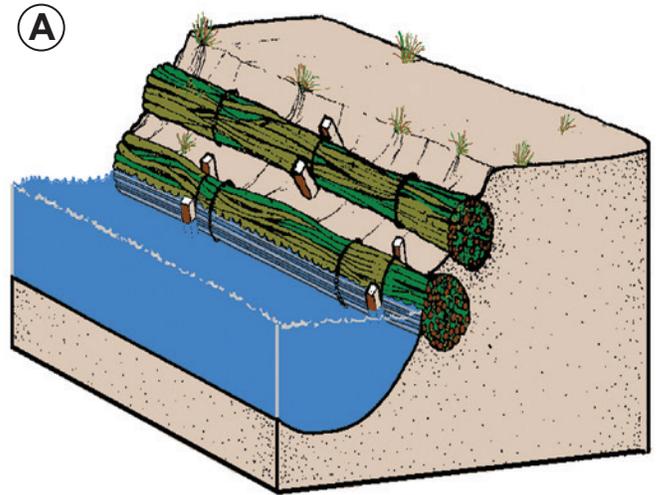


Figura 17.7—Los bancos del arroyo necesitan con frecuencia estructuras de bioingeniería (A) para su estabilización. Cuando se usan esquejes de ciertas especies, estas pueden brotar rápidamente (B). La planificación cuidadosa y la plantación del stock de calidad, asegura el éxito de la restauración (C). Ilustración A de Hoag y Landis (2001), ilustración B de Steinfeld y otros (2008), y foto C de Brian F. Daley.

de paisajismo diversificado con objetivos y prescripciones adaptados a las condiciones del sitio local que van de tierras malas extremadamente erosionadas altamente inflamables, y pastizales dominados por la hierba espada. Los pasos incluyen la creación de cortes de combustible, plantación de árboles Acacia no nativos para hacerle sombra a las hierbas espada y rehabilitar el suelo, y finalmente la plantación de árboles nativos (Bell y otros 2002).

Inspección, Almacenamiento y Manipulación en el Sitio

Inspección del Stock del Vivero

Tal como se mencionó en el Capítulo 16, Cosecha y Envío, las plantas de vivero son vulnerables a las tensiones desde el momento de la cosecha en el vivero hasta que se trasplantan en exterior. Por lo tanto, es una buena idea realizar una inspección profunda de las plantas del vivero cuando llegan al sitio de trasplante exterior. Las plantas deben verse verdes y saludables con las cubiertas forestales tupidas sin señales de insectos, enfermedades u otras tensiones. Las plantas del vivero no deben tener olor ácido o dulce, lo cual evidencia que han estado demasiado tibias o mojadas. Los sistemas radiculares tienen que estar húmedos, pero no saturados. La corteza no debe desprenderse fácilmente y el tejido que está debajo debe ser de color blanco crema, no marrón o negro. Si hay micelio (evidencia de moho), revise la firmeza del tejido que se encuentra debajo. El tejido saturado o empapado indica una descomposición grave y es necesario eliminar esas plantas. Las plantas con micelio superficial sin la descomposición correspondiente necesitan plantarse inmediatamente. Los hongos (moho) no sobreviven después de su exposición a las condiciones ambientales en el sitio.

Almacenaje en el Sitio

Las plantas del vivero deben trasplantarse a la llegada al sitio del proyecto. Por lo tanto, es siempre mejor planificar con anticipación. Traiga solamente las plantas que pueda plantar en un día dado. Los retrasos por el clima, distancia, cronograma de los trabajadores, comunicación deficiente u otros temas logísticos pueden hacer que sea operativamente imposible completar la plantación en un solo día; por este motivo puede necesitar un almacenaje en el sitio por muy poco tiempo. La duración del almacenaje en el sitio debe durar solo un día o dos.

Ya sea por unas pocas horas o unos pocos días, el calentamiento excesivo y la desecación son los mayores estreses que pueden ocurrir durante el almacenamiento en el sitio. Con el objeto de disipar el calor y promocionar una buena circulación del aire, las plantas deben colocarse paradas y colocadas en un área sombreada tan pronto como lleguen al sitio. Las plantas no deben jamás dejarse en un vehículo cerrado. En muchos sitios de restauración se carece con frecuencia de árboles y de otros tipos de sombreado natural, puede ser difícil mantener las plantas en la sombra todo el día. Por lo tanto, hágalo necesario para

construir algún tipo de sombra artificial. Pueden ser eficaces las lonas o tela para sombra sostenida en postes. Se prefiere las lonas de colores claros. Como se muestra en la Figura 16.9B, las lonas de color oscuro absorben y vuelven irradiar el calor solar (Emmingham y otros 2002) y necesitan estar suspendidas sobre las plantas del vivero para tener buena circulación de aire.

Las tasas de respiración y transpiración de las plantas constituyen una función de temperatura, que recibe la influencia de la intensidad solar. Por lo tanto, revise que los cepellones de las plantas se mantengan húmedos y que no tengan ningún estrés por la humedad. Comúnmente no se irriga las plantas en el sitio del proyecto, pero esto puede aumentar la supervivencia cuando las condiciones del sitio pueden secar las plantas. El mejor almacenamiento en el sitio tiene acceso a una fuente de agua confiable.

En los sitios montañosos, las plantas tienen que estar cubiertas para proteger las raíces del frío excesivo si se espera una helada durante el almacenamiento.

Manipulación de las Plantas

Durante el proceso de la plantación, las plantas deben tratarse siempre con extremo cuidado. Las plantas deberán estar protegidas en todo momento por desecación, temperaturas extremas y daño físico. Los mismos principios de manipuleo cuidadoso descrito para la cosecha y el envío (ver el Capítulo 16, Cosecha y Envío) necesitan aplicarse a la operación de plantación. Se debe indicar a los equipos que nunca tiren o dejen caer las plantas. La investigación muestra que dejar caer las plántulas desde varias alturas puede causar reducción del crecimiento después de la plantación (Sharpey otros 1990, McKay y otros 1993). Las plantas más grandes necesitan llevarse sujetando el contenedor o la bola de raíces, nunca por los tallos. Los cultivadores no deben agitar o golpear las plantas para eliminar el sustrato para el crecimiento excedente. Cada cultivador debe transportar solo las plantas que pueden plantarse en 1 o 2 horas. En los proyectos de reforestación y restauración más grandes, es muy eficiente usar personas que se ocupan de llevar los lotes de plantas del vivero del sitio de almacenaje a los cultivadores.

Todos los cultivadores tienen que estar completamente capacitados en el manipuleo suave y procedimientos de la plantación. Hasta las plantas de vivero de alta calidad morirán si la plantación se realiza en forma inadecuada. La capacitación es especialmente importante con los voluntarios u otros cultivadores inexpertos. Muchas de estas personas carecen de la habilidad o fuerza necesaria para plantar hacer la plantación en forma correcta en los sitios silvestres. Una opción es hacer que un cultivador experimentado crear los agujeros de plantación justo antes del equipo de voluntarios, y dejar que los voluntarios coloquen y apisonen el suelo hasta que las plantas estén en posición. Esta técnica aseguro que el cultivador experimentado elija el punto de plantación apropiado, cree el patrón de plantación deseado y que se asegure que el agujero de plantado sea lo suficientemente grande y profundo para poder ubicar las plantas correctamente.

Selección de Puntos de Plantación

Patrón y Espaciado

El patrón seleccionado y el espaciado de las plantas trasplantadas refleja los objetivos del proyecto. La mayoría de los proyectos de plantación especifican una cantidad deseada de plantas por área (cuadro 17.1). Estas metas de densidad deben considerarse pautas generales y nunca deben invalidar la selección de puntos de plantación en áreas biológicamente apropiadas. Los árboles que se cultivan para producción de madera o fruta se plantan con frecuencia con un espaciado uniforme en filas (figura 17.8A). Los árboles que se plantan para las barreras de viento en filas en zig zag ubicadas perpendiculares a los vientos imperantes. Cuando la restauración ecológica es el objetivo, sin embargo, la distribución y espaciado de la plantación será más representativa de patrones de vegetación natural en base a los sitios de referencia (ver el Capítulo 3, Definición de la Planta Objetivo). Cuando se trata de la parte estética y una imagen más natural, otros proyectos pueden elegir la plantación aleatoria de las plantas individuales (figura 17.8B) o el trasplante en grupos aleatorios (figura 17.8C).

Al plantar las especies de árboles más grandes, el espaciado apropiado es de suma importancia para minimizar la competencia después que los árboles alcancen la madurez. Este espaciado se logra por lo general asignando distancias mínimas entre plantas (cuadro 17.1). Puede ser una ventaja plantar con una densidad más alta que la densidad final objetivo para evitar tener la necesidad de volver a plantar después que algunas plantas mueren. En realidad, una plantación más tupida puede promocionar el crecimiento formando un matorral para proteger contra los animales, viento y vegetación de competencia y promocionar el desarrollo micorrizal. Si es necesario, las plantas se pueden espaciar a medida que maduran.

Micrositios

Elegir los mejores puntos para la plantación es fundamental y más importante que el espaciado correcto. La plantación en micrositios favorables protege las plantas del vivero y mejora enormemente la probabilidad de supervivencia. Ejemplos de puntos desfavorables para la plantación incluyen depresiones con agua estancada, puntos rocosos, materia orgánica profunda y suelos compactados. Las plantas que cuentan con la sombra de un tocón, tronco o roca grande, tienden a crecer bien, especialmente en sitio calientes y secos (figuras 17.9A, 17.9B). Mucha luz solar en el follaje de las plantas causa estrés en la humedad, y la luz solar directa puede hacer que las temperaturas del suelo sean mortales para las plántulas. La plantación alrededor de obstrucciones físicas también proporciona protección de los daños que causan los animales. Cuando los sitios de plantación han sido mecánicamente preparados con escarificadores de disco, el stock del vivero tiene que plantarse

al lado de la perforación en suelo mineral (figura 17.9C). En los montículos, el mejor punto para la plantación es la parte superior (figura 17.9D).

Técnica de Plantación Adecuada

Perforación para la Plantación

Es necesario un buen contacto de la raíz con el suelo para que el stock del vivero se arraigue en el sitio y pueda rápidamente acceder al agua y a los nutrientes minerales. La perforación

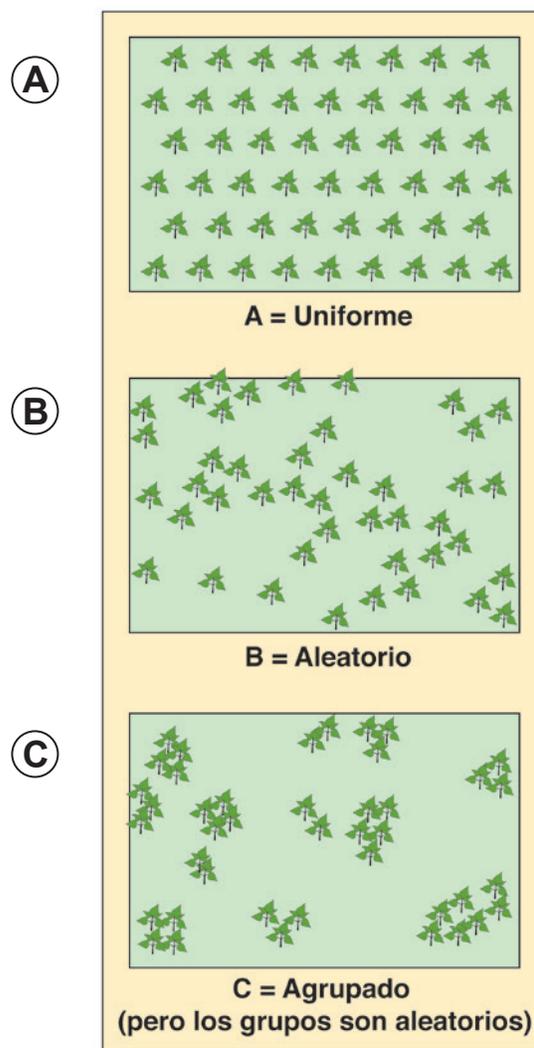


Figura 17.8—Además de las especificaciones de la planta objetivo, los objetivos del proyecto de trasplante en exterior también afectan los patrones de plantación. Si el objetivo es la producción de madera o la agroforestería, las plantas con frecuencia se colocan con un espaciado regular (A). La mayor parte de los proyectos de restauración tienen un espaciado con un patrón más aleatorio para imitar las condiciones naturales (B) o en un patrón aleatorio agrupado en el que las diferentes especies se plantan en grupos (C). Ilustraciones adaptadas de Landis y otros (2010).

Cuadro 17.1—Espaciado de plantas en base a cuadrículas regulares con densidades resultantes. Adaptado de Cleary y otros (1978).

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

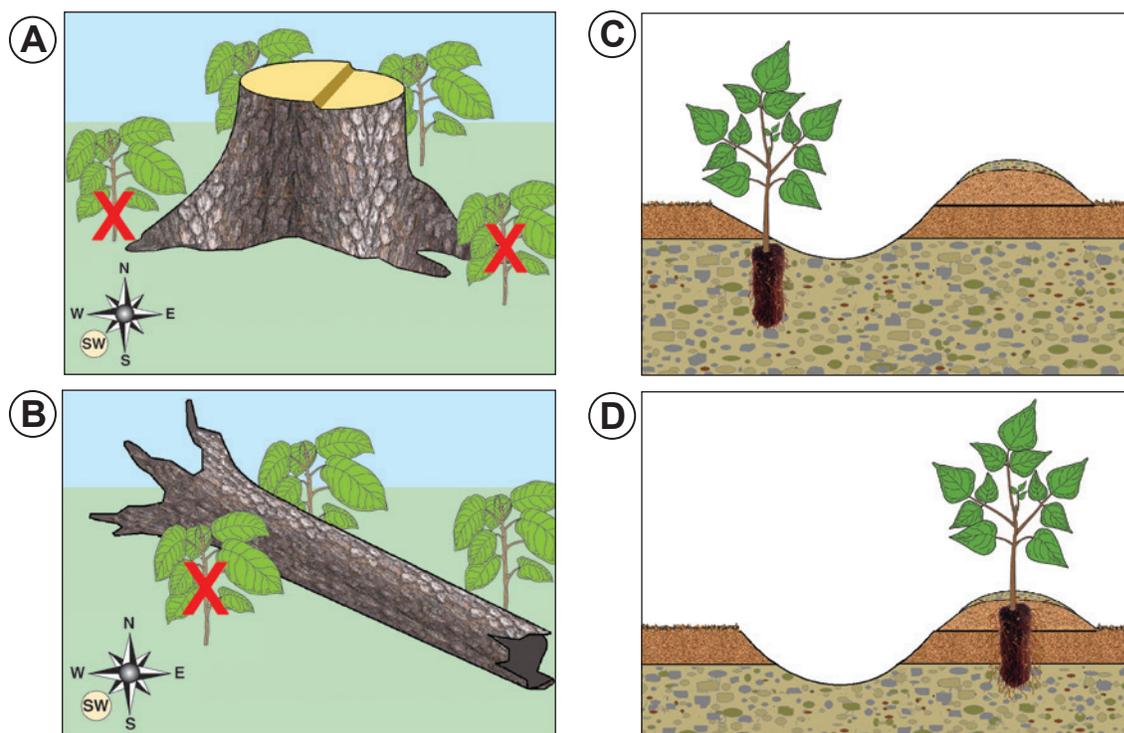


Figura 17.9—En sitios con terreno desigual con obstrucciones físicas, los mejores puntos para plantación se encuentran en los micrositios a la sombra de tocones (A) o de otros escombros (B). Las designaciones de compás en A y B son para el hemisferio norte; la orientación de la plantación es la opuesta para el hemisferio sur. También se recomiendan puntos específicos de plantación en sitios que han sido preparados por medio de discos (C) o siembra en montículos (D). Ilustraciones A y B adaptadas de Rose y Haase (2006) e ilustraciones C y D adaptadas de Heiskanen y Viiri (2005).

para la plantación debe ser suficientemente profunda para que, cuando se rellene, el suelo llegue hasta el cuello de la raíz. Para las plantas de contenedor, el cepellón debe estar completamente cubierto con suelo mineral (figura 17.10A). “El enraizado-J y la exposición innecesaria del cepellón se evita cuando el agujero de plantación es lo suficientemente profundo (figura 17.10B), pero la planta no debe plantarse demasiado profunda (figura 17.10C). Se debe evitar enterrar el follaje. De acuerdo con las especificaciones del Servicio Forestal, el tamaño mínimo de perforación del agujero para plantas de contenedor 1 pulg (2.5 cm) más profundo que la longitud del cepellón y por lo menos 3

pulg (7 cm) más ancho que el cepellón en la parte superior del agujero y 1 pulg (2 cm) más ancho en el fondo (USDA 2002). Al hacer un agujero más grande que el sistema radicular, el cultivador puede desmenuzar cualquier suelo compactado alrededor del sistema radicular, creando por lo tanto condiciones más favorables del suelo para el crecimiento de las raíces.

Se debe instruir a los cultivadores la necesidad de plantar a la profundidad correcta y no tirar de la planta hacia arriba para ajustar la profundidad o rectitud. No se debe orientar las plantas a más de 30 grados del plano vertical; (figura 17.10D); esta configuración parece obvia en un terreno plano, pero

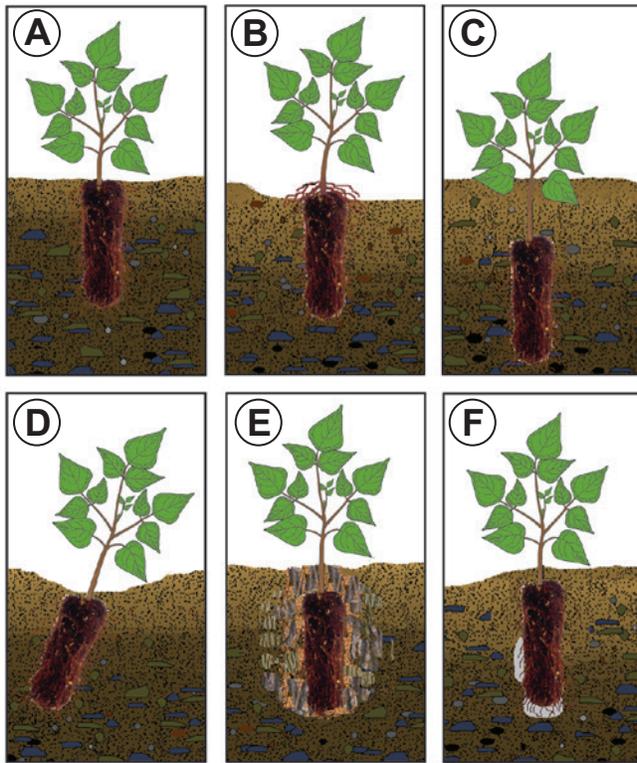


Figura 17.10—El stock del vivero debe plantarse en forma adecuada (A). Entre los problemas comunes se encuentra plantación demasiado superficial (B), plantación demasiado profunda (C), colocación no vertical (D), llenar el agujero con escombros (E) o dejar bolsillos de aire alrededor de las raíces (F). Adaptado de Rose y Haase 2006.

en una ladera más empinada, esta orientación se vuelve más importante. Es necesario volver a llenar los agujeros para la plantación con suelo mineral sin pasto, palos o rocas (figura 17.10E). Es importante apisonar el suelo alrededor del cepellón para eliminar los bolsillos de aire (figura 17.10F), pero evite apisonar alrededor de las plantas para evitar la compacta excesiva del suelo o daño al tallo.

Herramientas para la Plantación

A pesar de que la elección de la herramienta adecuada para la plantación es importante, los cultivadores experimentados pueden tener éxito con una variedad de implementos y pueden elegir una combinación de herramientas. Dependiendo de las condiciones del sitio. Las fallas en la plantación son con frecuencia más atribuibles a una técnica o manejo inadecuado que a la herramienta que se elija para la plantación (Adams y Patterson 2004). Las herramientas y técnicas adecuadas pueden significar la diferencia entre una planta muerta o viva, y el hecho de cumplir con el presupuesto o sobrepasarlo (Kloetzel 2004). Los métodos de siembra a mano proporcionan una flexibilidad máxima en la colocación y distribución de las plantas. Un cultivador que trabaja en forma manual bien capacitado y experimentado puede superar la

calidad y en general igualar la velocidad de muchos métodos automatizados, especialmente en terreno abrupto. La plantación manual se recomienda para la colocación de plantas en microsítios, y cuando se planta una mezcla de especies o tipos de stock. La plantación motorizada con barrena puede ser útil para tamaños de plantas de mayor tamaño, especialmente en sitios abiertos y planos con suelo profundo y pocas rocas o raíces.

Plantadores

Los plantadores o palos de plantar fueron las primeras herramientas usadas para plantar pequeño stock en contenedores, principalmente debido a que son fáciles de usar (figura 17.11A). Los plantadores son sondas a medida que crean un agujero para el plantado específico a un tipo de contenedor y tamaño. La mayor parte de los diseños tienen uno o dos pedales de metal para forzar la entrada de la punta en el terreno (figura 17.11B). Después de hacer el agujero, el plantador simplemente introduce la planta de contenedor y se traslada al siguiente agujero. Uno de los inconvenientes es la carencia de suelo suelto para cubrir la parte superior de la plántula y evitar la posible desecación del sustrato. Los plantadores son muy apropiados para suelos de terrenos altos de textura más ligera o tierras bajas en proyectos de restauración de humedales. Los plantadores deben evitarse en suelos arcillosos de una textura más pesada ya que pueden compactar el suelo y formar un glaseado alrededor del agujero de plantado que puede restringir la salida de las raíces (figura 17.11C). Los plantadores huecos son una modificación reciente que puede extraer un núcleo de suelo y por lo tanto reduce la compactación del suelo (figura 17.11D). Los plantadores de cabeza hueca son intercambiables para proporcionar el plantador correcto para diferentes tamaños de contenedores (Trent 1999). Los plantadores producidos comercialmente están disponibles para tipos y tamaños de contenedores específicos, incluyendo celdas de Ray Leach Cone-tainer™ y varios tamaños de cavidades de contenedores en bloque de Styrofoam® (Kloetzel 2004). El 'ōō bar (nombre hawaiano) u palo plantador oso (nombre de Samoa) es una herramienta para la plantación tradicional similar a un palo plantador y es útil para romper las capas de lava para ayudar a las raíces de los árboles a llegar al suelo mineral (figura 17.12).

Barras

Las barras plantadoras se originan con las plantas al desnudo de raíces, pero esta herramienta también se usa para plantas de contenedores más pequeños. Las barras son por lo general cilíndricas con una cuchilla en forma de cuña soldada en la punta y pedales laterales para forzar la cuchilla en el suelo. Al igual que los plantadores, las barras para el plantado necesitan poca experiencia o capacitación. La barra se deja caer y se fuerza en el terreno con los pedales laterales (figura 17.13A), y al mover la barra de atrás a adelante se forma el agu-

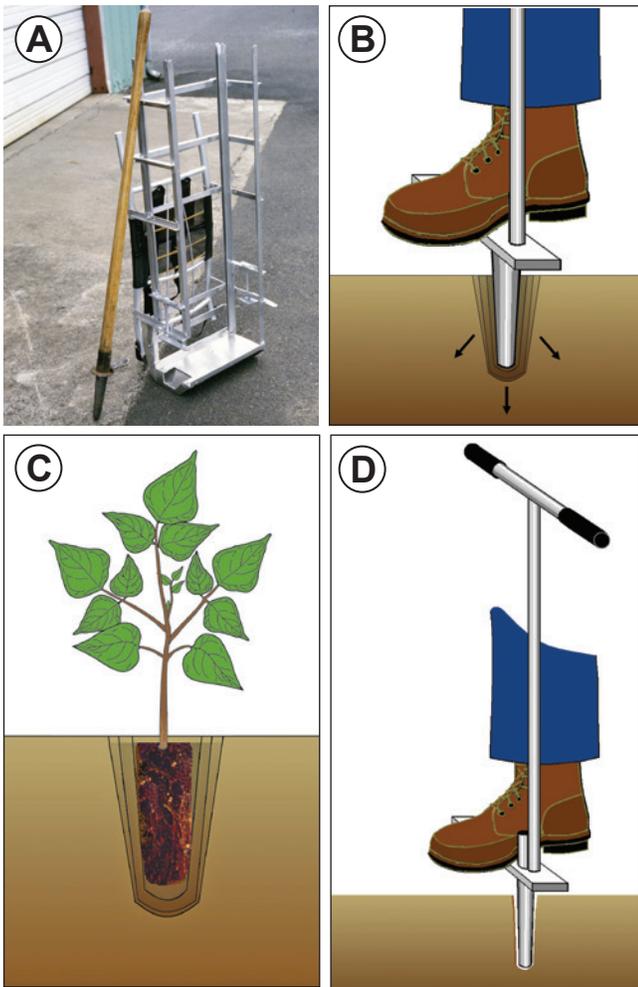


Figura 17.11—Los plantadores constituyen una herramienta útil para plantar a mano stock de viveros que usan contenedores (A). Debido a que desplazan el suelo para formar el agujero de plantación (B), la compactación puede ser tan grave que es suficiente para restringir la salida de las raíces (C). Los plantadores huecos constituyen una mejora debido a que sacan un núcleo de suelo para crear un agujero de plantación (D). Foto A de Thomas D. Landis e ilustraciones B, C y D de Steve Morrison, modificadas por Jim Marin.

jero de la plantación. La planta de vivero se posiciona en forma vertical a lo largo de una cara cortada (figura 17.13B), y luego se cierra el agujero volviendo a insertar la barra en el suelo en el lado opuesto del agujero de plantación y moviendo la barra de un lado a otro (figura 17.13C). El paso final es finalizar el apisonado de cualquier suelo suelto alrededor de la planta para eliminar los bolsillos de aire (figura 17.13D). Las barras de plantado se prefieren con frecuencia para suelos rocosos, pero no debe usarse en arcillas de textura más pesada cuando causan compactación excesiva. Son también populares en los sitios de reforestación con suelo arenosos. Las barras de plantado son durable y fáciles de mantener y que solo necesitan el afilado ocasional de la cuchilla (Kloetzel 2004).



Figura 17.12—‘O’ bars o palos de cavar oso son herramientas tradicionales para plantación que son útiles para cavar a través de la lava para plántulas en suelo mineral. Foto de Diane L. Haase.

Azadas para Plantar

Las azadas para plantar son unas de las más populares y versátiles herramientas para el trasplante en exterior de stock de reforestación y restauración. Los ganchos, que sostienen el mando de madera a la cuchilla deseada, son por lo general de bronce para tener mayor peso y penetración o una aleación de estaño (“Tinselita”) para aplicaciones más ligeras. Los ganchos pueden encontrarse en configuraciones de ángulos de dos cuchillas: ángulos de 100° para aplicaciones en áreas de pendiente suave o plana y ángulos de 90° para plantación en terreno empinado. Es una buena idea comprar y mantener a mano cuchillas, mangos, tuercas y tornillos con su encaje correspondiente o llaves inglesas. Las cuchillas deben también afilarse regularmente con una lima de metal o rueda eléctrica

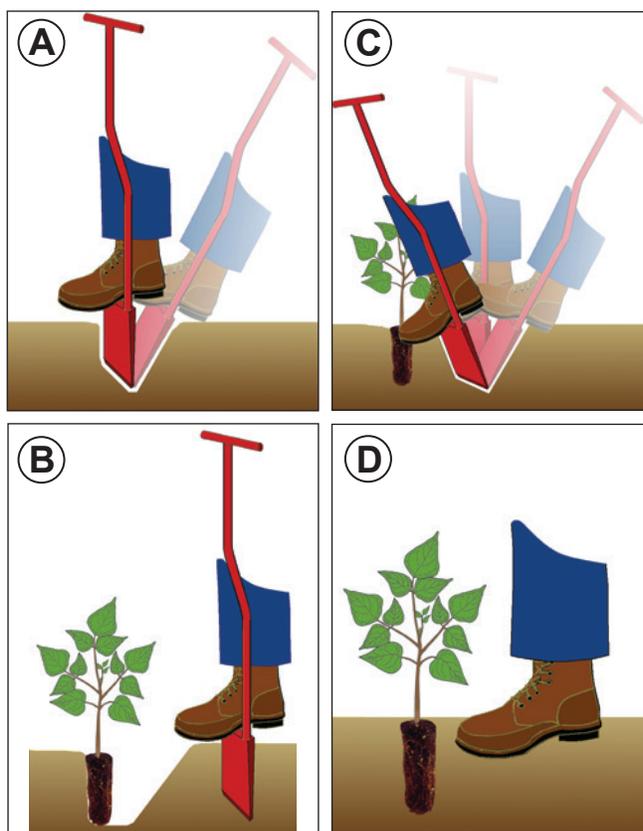
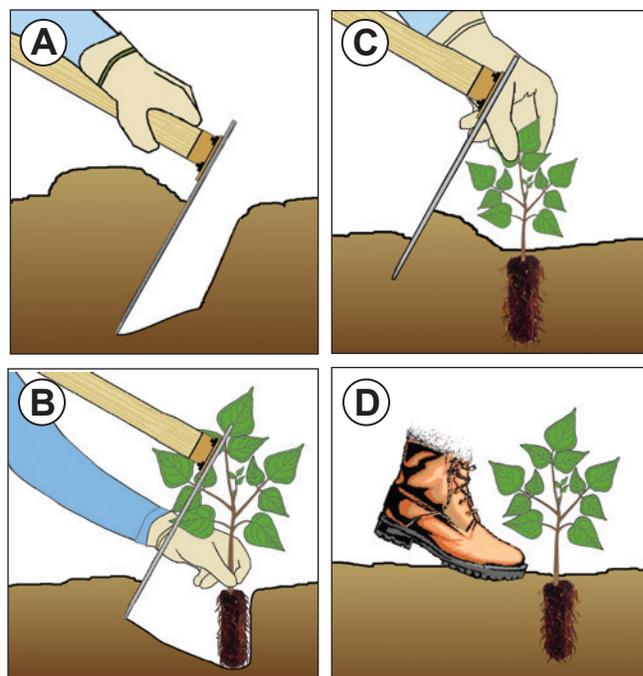


Figura 17.13—Las barras son herramientas para la plantación que crean un agujero con un movimiento lateral (A). La planta se posiciona a lo largo de un lado del agujero de plantación (B) y el suelo se vuelve a rellenar por apalancamiento desde el otro lado (C). Se debe compactar suavemente el suelo alrededor de la planta con la mano o con el pie (D). Ilustraciones de Steve Morrison, modificadas por Jim Marin.



de amolar (Kloetzel 2004). Las azadas son particularmente útiles en sitios empinados, y en sitios rocosos y compactados. Estos se balancean casi como un pico, y puede tomarse varios balanceos para crear un agujero adecuado para la plantación. Con cada lanzada, el plantador levanta hacia arriba y hacia atrás con el extremo del mango para abrir el agujero de plantación (figura 17.14A). Después de haber abierto un agujero adecuado el cultivador usa la punta del azadón para soltar suavemente el suelo en los lados del agujero de plantación para evitar todos los efectos de la compactación. Luego, se inserta la planta y se coloca a la profundidad adecuada (figura 17.14B). Mientras sujeta la planta, el cultivador usa la cuchilla del azadón para volver a rellenar la tierra alrededor del cepellón (figura 17.14C). Finalmente, el cultivador apisona suavemente la tierra alrededor de la planta (figura 17.14D) y se traslada al siguiente punto de plantación. Si la competencia de las plantas no es un problema, o si se necesita una cuenca para la plantación, la parte posterior y lateral de la cuchilla del azadón es una herramienta útil para el desbroce. Puede ocurrir algo de compactación en el agujero de plantación de la parte posterior de la cuchilla del azadón, pero la compactación es por lo general menor que con otros métodos. Las tasas de plantación varían con el tamaño del contenedor, las habilidades del cultivador y el terreno. Kloetzel (2004) manifestó que al inicio los cultivadores pueden colocar 20 plantas por hora mientras que los cultivadores experimentados pueden colocar hasta 100 plantas por hora, y que en proyectos de plantación en humedales con plantas pequeñas y condiciones favorables del suelo, la producción llegó a 240 plantas por hora.

Palas

A pesar de que se pueden usar palas estándar para plantar el jardín, los cultivadores profesionales usan palas con cuchillas a medida lo suficientemente largas para adaptarse a los contenedores grandes (figura 17.15A). Los mangos de madera son estándar pero los modelos de fibra de vidrio son más livianos y tienen duchillas reforzadas (figura 17.15B) que pueden soportar la fuerte acción de levantar que se usa para abrir los agujeros de plantación (figura 17.15C). A pesar de que no son tan difíciles de aprender a usar como los azadones, los cultivadores deben estar capacitados para usar las palas de plantación de árboles eficientemente. Después de excavar el agujero al tamaño y profundidad apropiados, la planta de vivero se coloca en el agujero y se sostiene en una posición vertical (figura 17.15D) mientras que el cultivador vuelve a rellenar la

Figura 17.14—Después de varios movimientos de oscilación con la azada para crear un agujero de plantación lo suficientemente profundo (A), la planta se coloca en posición y se sostiene (B) mientras se vuelve a rellenar con la tierra (C). El paso final es el apisonado suave del suelo suelto alrededor de la planta para eliminar los bolsillos de aire (D). Ilustraciones de Steve Morrison, modificadas por Jim Marin.

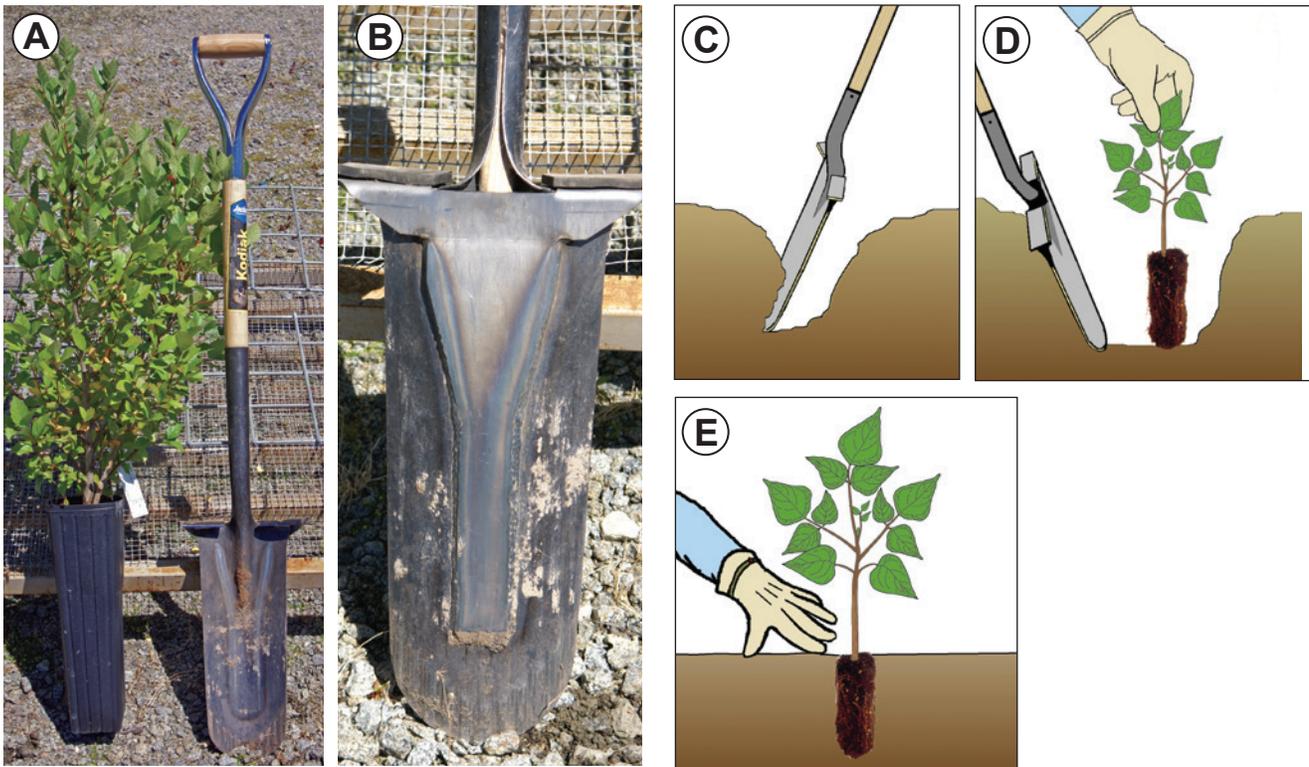


Figura 17.15—Las palas son herramientas de plantación muy versátiles que son excelentes para las plantas de contenedores largas y profundas (A). Las palas especializadas tienen cuchillas reforzadas (B) que abren agujeros profundos para la plantación sin compactación (C). Mientras se sostiene la planta en forma vertical en el medio del agujero (D), la tierra se vuelve a rellenar y se apisona alrededor del cepellón (E). Foto A de Thomas D. Landis e ilustraciones B, C y D de Steve Morrison, modificadas por Jim Marin.

tierra alrededor del cepellón (figura 17.15E). Modificadores de suelos, fertilizantes y otros tratamientos similares en el suelo, se aplican fácilmente con palas. Cuando se están usando palas de plantar, mantener algunos mangos de repuesto y almohadillas para los pies a mano, junto con herramientas para instalar repuestos y para afilar las cuchillas (Kloetzel 2004).

Zapapicos

El zapapico (“talacho”) es una herramienta versátil usada para cavar y cortar (figura 17.16). Es especialmente útil para cortar a través de las raíces de la cubierta de árboles temporales al hacer plantaciones de mejoramiento debajo de selvas tropicales nativas. En una comparación de tres herramientas de plantación usadas para arraigar plántulas, no existió diferencia en el desempeño de las plántulas atribuible al tipo de herramienta, pero los trabajadores prefirieron el talacho (zapapico) ya que era más fácil de usar; corta las raíces aún mejor que el machete y la tierra no se le adhiere tan fácilmente como con las otras herramientas (Mexal y otros 2005). La técnica de plantación con zapapico es muy similar al azadón (figuras 17.14, 17.16) pero el extremo afilado como un hacha se puede usar para despejar las raíces y otras barreras.

Plantadores Mecánicos (Tubos para Plantar)

Los plantadores mecánicos crean un agujero de plantación comprimiendo los lados y fondo con un par de mandíbulas articuladas en punta. Las quijadas se abren con una palanca de pie, y una planta de contenedor se deja caer a través del tubo de tallo hueco en el agujero (figura 17.17). El tubo de plantación Pottiputki es la marca más popular y está disponible en varios modelos con diferentes diámetros de tubo. En algunos modelos, la profundidad de la plantación es ajustable, lo que sería necesario para los tipos de stock con cepellones más largos. Uno de los beneficios atractivos de los tubos plantadores es que causan menor cansancio al trabajador ya que este no tiene que agacharse. Los tubos plantadores son populares en los Estados Unidos del Noroeste y en Canadá, a pesar de que son costosos para comprar y mantener. En una comparación, los tubos plantadores fueron tan eficaces como los plantadores o barras para plantar (Jones y Alm 1989).

Barrenadoras Motorizadas

Las barrenadoras motorizadas se han estado usando en la reforestación por cientos de años y se están volviendo populares para los proyectos de restauración (figura 17.18A). Las barrenadoras funcionan mejor en suelos profundos con pocas rocas



Figura 17.16—Los zapapicos (izquierda) son herramientas versátiles usadas para cavar y cortar a través de las raíces. Estas son similares al azadón (a la derecha) pero tienen un extremo afilado parecido al hacha para eliminar raíces y otras barreras. Foto adaptada de Forestry Suppliers, Inc. (2013) por Jim Marin.

grandes o raíces, y son la mejor herramienta de plantación para los tipos de plantas más largos y altos. Una preocupación ha sido la compactación o glaseado en los lados de los agujeros hechos con barrena que a veces ocurren bajo algunas condiciones del suelo (Lowman 1999); este efecto puede minimizarse balanceando la broca de la barrena ligeramente. Se puede usar una perforadora manual a gasolina con brocas de barrena de 4 pulg (2.5 a 10.0 cm) de diámetro, y la transmisión en reverso ayuda

cuando se traba la broca (Trent 1999). También se pueden usar barrenas más grandes (10 a 16 pulg [25 a 40 cm] de diámetro) instaladas en una mini cargadora dependiendo del tipo de suelo y terreno (figura 17.18B).

Un beneficio de los proyectos de plantación con barrenas es que el operador selecciona la ubicación de los puntos de plantación y también controla la calidad de los agujeros de plantación (figura 17.18C). Un operador puede perforar suficientes agujeros para que varios cultivadores puedan seguir y plantar el stock de vivero (figura 17.18D). Cuando se necesita el desbroce, el encargado seleccionará los puntos de plantación y realizará el desbroce antes del operador del barrenador. En algunos tipos de suelos, el operador tendrá que excavar suelo mineral adicional cerca de cada agujero para asegurar la plantación apropiada. Cuando sea posible, es mejor hacer rotar al operador de la barrenadora para evitar la fatiga.

Cavar agujeros con barrena más profundos que el contenedor reduce la compactación y puede promocionar el crecimiento de las raíces hacia abajo. Este enfoque deja que el cultivador soporte la planta a la profundidad apropiada en el agujero, mientras llena con tierra desde la parte baja hacia arriba (figuras 17.8D, 17.8E). El asentamiento de la tierra puede ser un problema con la plantación con barrena por lo que es una buena idea amontonarla alrededor de la base de la planta. Hay una amplia variedad de barrenas disponibles comercialmente para alquiler o venta. Al realizar proyecto de reforestación o proyectos de restauración a gran escala, es más económico comprar una barrena. Si no tiene experiencia en la operación, es una buena idea alquilar una para asegurar que tiene la máquina correcta para el proyecto. Las barrenas son herramientas de plantación que necesitan

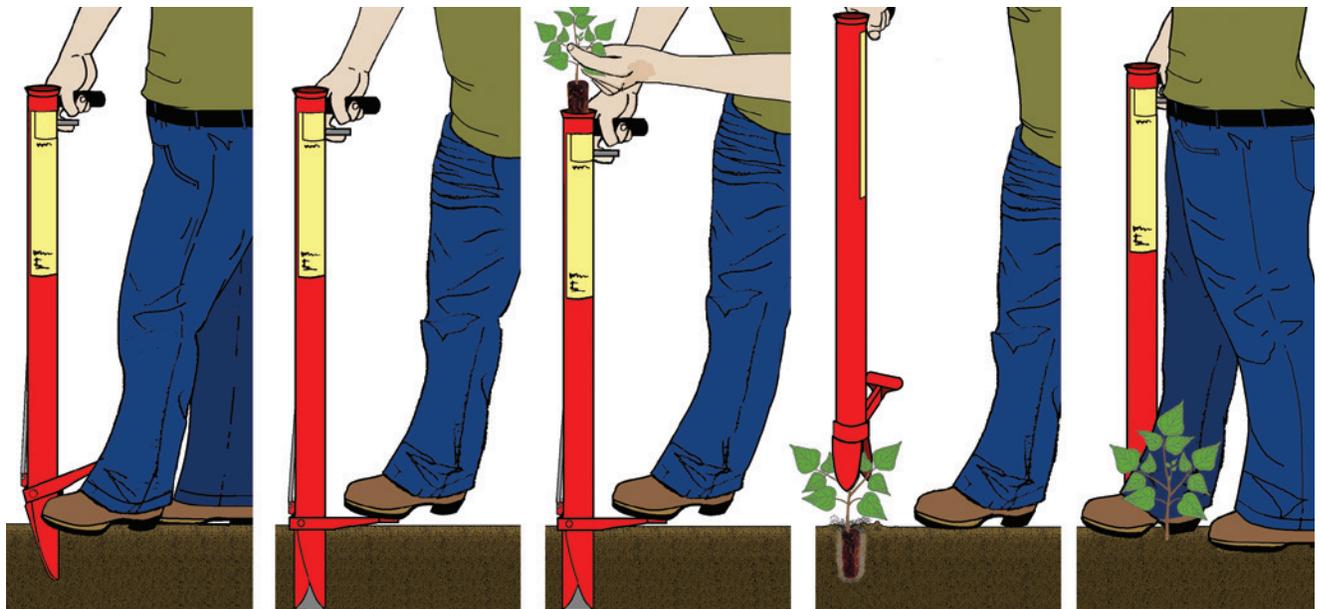


Figura 17.17—Los tubos para plantar tienen quijadas en punta que abren el agujero para la plantación. Luego, la planta se deja caer hacia abajo dentro del agujero a través del tallo hueco. Ilustración original de Steve Morrison y modificada por Jim Marin.

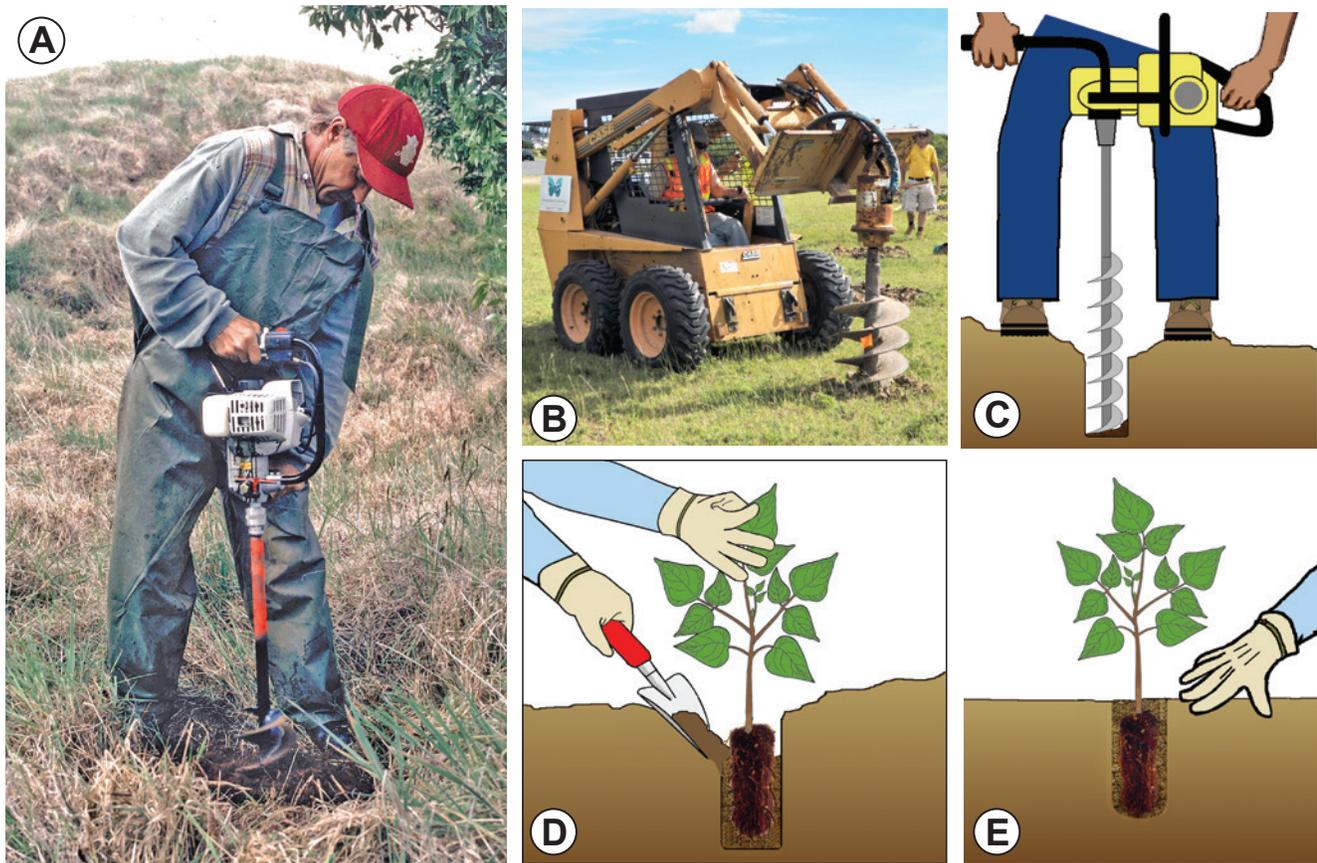


Figura 17.18—Augers are effective planting tools and are available in handheld (A) or tractor-mounted (B). One skilled operator can create planting holes (C) while other workers plant the stock and fill the holes by hand (D and E). Photo A by ©Jack Jeffrey Photography, photo B by Brian F. Daley, and illustrations C, D, and E by Steve Morrison, modified by Jim Marin.

mucho mantenimiento, por lo que tenga una de repuesto disponible, así como también repuestos y brocas adicionales. Los equipos bien organizados de barrenas pueden alcanzar tasas de producción que van desde 30 a 70 plantas por persona/hora (Kloetzel 2004). En algunas partes de Hawái, la barrena se ha convertido en la herramienta de plantación ideal cuando están involucrados voluntarios o cultivadores que no son profesionales, debido a que la tasa de plantación es 2.5 veces que la de las herramientas manuales estándar (Jeffrey y Horiuchi 2003).

Protección del Trabajador

Plantar stock de vivero puede ser un trabajo agotador. Aliente a los trabajadores a usar cascos, anteojos de seguridad y calzado resistente para protegerlos del sol, los insectos y peligros del sitio. Si fuera posible, se debe rotar a los trabajadores en las tareas de cargar, cavar, plantar y otras. Los trabajadores deben tener suficiente líquido para beber y tomar descansos para evitar la extenuación. El tiempo y recursos que pasen en protección del trabajador será compensado con el tiempo sin trabajar posible y reclamos de los trabajadores por accidentes de trabajo (Kloetzel 2004).

Tratamientos al Realizar la Plantación

Además de la preparación del sitio para controlar la vegetación de competencia en la reforestación tropical de sitios de restauración, se pueden aplicar otros tratamientos a las plantas en el momento del trasplante en exterior para mejorar la supervivencia y crecimiento. Estas soluciones a posibles factores de limitación tienen que identificarse durante la evaluación del sitio y proceso de planificación.

Inmersión de las Raíces

El sistema radicular de las plántulas o cepellón del contenedor tiene que estar húmedo cuando se coloca en el agujero de plantación. La práctica de sumergir las raíces de la planta en agua o en una lechada de arcilla para protegerlas de la desecación durante el trasplante en exterior se ha usado por muchos años, especialmente para stock a raíz desnuda, y ha probado ser beneficiosa en sitios secos. Las raíces de las plantas de vivero se secan cuando se exponen a la atmósfera durante la cosecha y manipuleo, por lo que tiene sentido rehidratarlas o aplicarles una cubierta para protegerlas. Es beneficioso simplemente sumergir el sistema radicular en un balde con agua limpia para saturarlos antes del

trasplante en exterior. Mojar parte de la tierra y luego “embaldurnar” el agujero con tierra mojada y agua también ayuda a asegurar que no haya bolsillos de aire alrededor de las raíces de la planta.

Existen muchos productos comerciales disponibles para sumergir las raíces y la mayoría son hidrogeles, que pueden absorber y retener muchas veces su propio peso en agua. Hay pocas investigaciones publicadas sobre los hidrogeles y los resultados no son consistentes (Landis y Haase 2012). En una prueba con cepellones de raíces de Eucalipto sumergidas en una lechada de hidrogel, el resultado fue tasas de mortalidad significativamente más bajas 5 meses después del trasplante en exterior comparado con los controles. El autor atribuyó este resultado a la mayor humedad del suelo o a contacto entre el cepellón y el suelo del campo (Thomas 2008).

Captación de Agua

Al llenar el agujero de plantación, se puede hacer un pequeño muro alrededor de la base de los árboles individuales o bloques de árboles para evitar el escurrimiento de agua y dirigirla a las raíces (Upton y de Groot 2008). Es método puede ser de vital importancia durante la estación seca cuando se están arraigando las plantas. El muro elevado puede hacerse en el lado de colina abajo del árbol y se hace una zanja u hondonada en el lado de colina arriba para ayudar al agua a infiltrarse en la zona de las raíces.

Protección del Daño de los Animales

Comparadas con las plantas silvestres, las plantas fertilizadas del vivero tienen niveles más altos de nutrientes minerales y por lo tanto constituyen un alimento preferido por muchos animales. En muchas áreas tropicales, los cerdos, cabras, ganado, ovejas, caballos, venado y otros animales que se introducen causan daños graves o destruyen las plantaciones al pastar, alimentarse, sacar las raíces y pisotear (figura 17.19) Si se sabe que el área de trasplante en exterior tiene un problema con el daño causado por los animales, será necesario que se tomen medidas de control. Las barreras físicas que se instalan inmediatamente después de la plantación tal como redes, tubos de redes rígidas, elementos de protección para los brotes y cercos pueden ayudar a proteger las plantas el tiempo suficiente para crecer hasta un tamaño que pueda resistir el daño de los animales. La mayor parte de los tubos y redes están diseñados para biodegradarse con el paso del tiempo. Aún a pesar de esto, por lo general se necesita mantenimiento regular debido a que los brotes pueden enredarse en las redes y deformar el tallo. Después que las plantas crecen fuera de las redes o tubo, son una vez más vulnerables al daño de alimentación de los animales.

El cercado es costoso, pero en las áreas con poblaciones abundantes de animales, mantener a los animales fuera por medio de cercas es con frecuencia el método más efectivo. En Hawái, un programa intensivo para reconstruir ecosistemas funcionales en



Figura 17.19—Los animales pueden causar daño significativo al stock del vivero trasplantado en exterior, tales como el daño por alimentación en esta plántula en Guam. Foto de Ronald Overton.

el bosque de Auwahi de Maui incluye la instalación de una cerca de 7 pies (2 m) de alto para evitar la entrada de los ungulados, la aplicación de 1% a 2% de concentración de glifosato para matar pastos exóticos, trasplante de arbustos de crecimiento rápido y la participación pública (Mederos y vonAllmen 2006). En un plazo de 10 años, los resultados fueron dramáticos y pueden verse en las fotos satelitales (figura 17.20). Weller y otros (2011) concluyeron que la conservación efectiva de bosques tropicales nativos necesita la exclusión de ungulados, eliminación de especies de plantas exóticas invasivas y programas de restauración proactivos para las especies nativas sin fuentes naturales de propágulos. En algunos casos, se pueden utilizar “cercos vivos” de especies que crecen con gran densidad y tienen espinas que mantienen a los animales (y a las personas) alejados del stock de vivero recién plantado. Este enfoque necesita planificación anterior, sin embargo, puede tomar de 2 a 3 años antes de que el cerco se desarrolle lo suficiente.

Los repelentes químicos son otra opción para proteger el caño causado por los animales. Estos repelentes tienen menos costo que las barreras físicas pero su eficacia es de menos duración. Hay disponible una variedad de productos con olor (con frecuencia provienen de depredadores) o un sabor que es repugnante para la vida silvestre.

Fertilización

La nutrición mineral es un componente clave para el desempeño de las plantas después del trasplante en exterior. Los estudios han demostrado una respuesta positiva del campo al fertilizante aplicado en el momento de la plantación o incorporado en el sustrato de las plántulas (Haase y otros 2006). Sin embargo, la eficacia de los fertilizantes varía de acuerdo a las condiciones del sitio (Rose y Ketchum 2002). En los sitios que tienen humedad limitada, las sales de los



Figura 17.20—Este proyecto intensivo realizado por Leeward Haleakala Watershed Restoration Partnership para reconstruir ecosistemas funcionales en el bosque de Auwahi de Maui incluye un cercado para excluir a los ungulados y puede detectarse por imágenes satelitales. Fuente: “Restauración de Maui.” 20°38.627’ N 156° 20.519’ W. Google Earth. 20 de marzo de 2011. Acceso realizado en marzo 2013.

fertilizantes puede producir niveles tóxicos que producen un efecto negativo en la supervivencia y crecimiento (Jacobs y otros 2004). Antes de aplicar cualquier fertilizante, es de vital importancia que se tome en consideración la formulación, la velocidad de aplicación, colocación, solubilidad/tasa de liberación y niveles existentes un nutrientes en el sitio.

Con mucha frecuencia el fósforo es deficiente para el crecimiento de los árboles en los suelos tropicales. El boro también puede ser deficiente en los suelos tropicales, especialmente en los suelos que contienen ceniza volcánica y en los suelos de origen basáltico. Se realizan aplicaciones de rutina de estos elementos al momento de la plantación y pueden producir excelentes resultados de crecimiento en los suelos tropicales con deficiencia de nutrientes (Ladrach 1992). Con frecuencia no se puede observar la respuesta a los fertilizantes donde existe gran competencia de la vegetación de los alrededores. En las parcelas tratadas con herbicida, los fertilizantes aumentaron en Costa Rica la altura y diámetro de las plántulas de madera dura tropical en 19% a 31%, respectivamente pero no hubo respuesta del fertilizante usado en las parcelas desmalezadas manualmente (Wightman y otros 2001). Cuando el pH es demasiado alto o demasiado bajo, se reduce la disponibilidad de nutrientes, la aplicación combinada de mantillo, limo y fertilizador a suelos altamente ácidos en Palau, dieron como resultado respuestas de gran crecimiento de los árboles plantados (Gavenda y Nemesek 2008, Dendy 2011).

Mantillos

El acolchado con materiales orgánicos o inorgánicos puede reducir la recurrencia de la competencia vegetativa durante un tiempo más largo que en la preparación inicial del sitio. Los col-

chones de mantillo hechos de materiales tales como plástico, tela, tierra o papel se mantienen en el lugar con rocas, ramas o estacas. También se puede hacer el acolchado con una capa gruesa de materia orgánica suelta tal como mazorcas de maíz, fibra de coco, paja de pinos, aserrín o trozos de corteza (figura 17.21). Además de inhibir el crecimiento de la vegetación de competencia, el mantillo aísla el suelo de temperaturas extremas, ayuda a mantener la humedad del suelo al reducir la evaporación superficial y brinda protección contra la erosión del suelo. El mantillo orgánico también tiene el beneficio de proporcionar nutrientes al suelo y mejorar la estructura del suelo a medida que se descompone.

A pesar de que la compra e instalación de los materiales del mantillo pueden ser costosos, el mantillo puede mejorar enormemente la supervivencia y crecimiento de las plantas en sitios áridos. En un estudio para examinar los efectos del mantillo en la supervivencia y tasa de crecimiento relativo de tres especies en un bosque tropical degradado estacionalmente seco, el contenido de agua del suelo y el crecimiento de los árboles jóvenes fue más alto en las parcelas con mantillo de polietileno que en las parcelas con los suelos desnudos. Supervivencia de los árboles jóvenes bajo mantillos orgánicos (paja de alfalfa y desperdicios forestales) fue similar y el más bajo en el suelo desnudo (Barajas-Guzmán y otros 2006).

Refugios

Los refugios para plantas (figura 17.22A) pueden proteger las plantas del daño causado por los animales y limitar la intensidad de los rayos UV y vientos secantes que causan daño por desecación y quemadura del sol. La supervivencia de las plántulas del abeto Engelmann (*Picea engelmannii*) después de 11 estaciones aumentó de 35% a 78% cuando se instalaron los refugios (Jacobs 2011). Los refugios de árboles están disponibles en una variedad de tamaños y colores (esto permite que penetre diversas cantidades de radiación solar) y con y sin ventilación.



Figura 17.21—El mantillo puede reducir la vegetación de competencia alrededor de la plántula trasplantada. Foto de Ronald Overton.

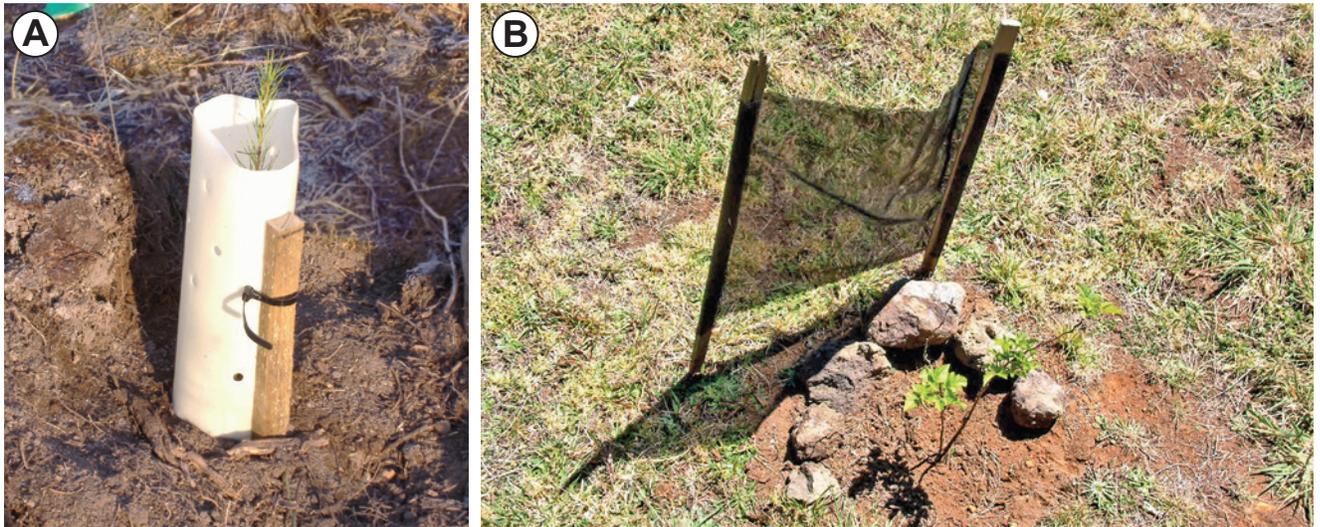


Figura 17.22—Los refugios de árboles pueden proporcionar micrositios favorables para mejorar el crecimiento de las plántulas y el arraigo en sitios calientes y secos (A). Se pueden usar refugios para la helada para ayudar a disminuir la pérdida de calor en el cielo de la noche y proteger las plantas de las heladas en grandes alturas. A 6,500 pies (1,980 m), la Reserva de Vida Silvestre en el Bosque Nacional Hakalau en la Isla Grande de Hawái es lo suficientemente alta para que las heladas maten las plántulas durante los meses de invierno; este refugio de las heladas puede mantener a esta plántula de akala (*Rubus hawaiensis*) a salvo (B). Foto A de Diane L. Haase y foto B de J.B. Friday.

La selección de un refugio específico se basa en las condiciones esperadas del sitio y los hábitos de crecimiento de la especie. En una comparación de refugios ventilados y no ventilados, la ventilación redujo consistentemente las temperaturas dentro del refugio en aproximadamente 5 °F (2.7 °C) (Swistock y otros 1999). Las plantas que se mantuvieron en refugios alto y rígidos por un largo tiempo, pueden volverse altas y débiles (diámetro disminuido del tallo con relación a la altura) e incapaces de mantenerse erguidos después de la eliminación del refugio (Burger y otros 1996). Las consideraciones de la administración para usar refugios de árboles tienen que incluir los costos de la compra, ensamblaje, instalación y mantenimiento anual. Sin embargo, este aumento del costo se puede compensar con el aumento de la supervivencia, reduciendo de esta forma la necesidad de volver a plantar en una fecha posterior cuando se haya arraigado la vegetación de competencia.

Los refugios también se pueden usar para proteger las plantas recién plantadas de las heladas en altitudes altas (figura 17.22B).

Sombreado

Idealmente, un sitio de trasplante en exterior proporciona materiales adecuados tales como tocones, troncos, rocas o vegetación remanente para proporcionar micrositios para la plantación. A veces se considera útil, sin embargo, instalar sombra artificial para proteger las plantas de los daños del sol. La resistencia al daño del sol aumenta con el tamaño de la planta como la habilidad de la planta de dar sombra ella misma aumenta. Sombrear solo la parte basal del tallo puede ser tan efectivo en

evitar el daño del calor como darle sombra a todo el tallo y a parte del follaje, que también puede reducir la transpiración (Helgerson 1989). Entre los materiales artificiales de sombra tenemos la cartulina, tejas, tela rígida para dar sombra u otros materiales y tienen que estar instalados en el lado del “sol” de la plántula (lado sur o suroeste para los sitios al norte del ecuador o lado norte o noroeste para los sitios al sur del ecuador).

Monitoreo de la Calidad de la Plantación

La mejor manera para determinar si la plantación se ha efectuado en forma correcta, es realizar una inspección durante o inmediatamente después de la plantación. Con los trabajos de plantación a contrato, estas inspecciones certifican si el trabajo cumple con las especificaciones y los resultados se usan para calcular el pago. Una inspección típica de la plantación consiste en la determinación de la cantidad y distribución de plantas y examen de la calidad de la plantación sobre el suelo y debajo del suelo. Estos controles de calidad durante el trasplante en exterior ayudan a asegurar que cada planta se colocó en forma adecuada y que tiene las mayores posibilidades de sobrevivir.

Determinación de la Cantidad y Distribución Espacial de los Elementos Plantados

Las parcelas se establecen para determinar si se ha colocado la cantidad correcta de plantas en un área dada, si se seleccionaron buenos puntos para la plantación y si las plantas tuvieron un espaciado adecuado. Consultar la sección de

Tipos de Estudios más adelante en este capítulo para obtener descripciones de establecimiento de parcelas.

Inspección Sobre el Suelo

Se examina una muestra representativa de plantas para a verificar la calidad del desbroce, orientación del tallo y profundidad de la plantación. La profundidad de la plantación es uno de los detalles más críticos para verificar y generalmente se especifica en relación con la parte superior del cepellón o el cuello de la raíz.

Inspección Debajo del Suelo

Se cava un agujero con una pala de plantación al lado de la planta para revisar la orientación adecuada de la raíz, suelo suelto, bolsillos de aire, material extraño en el agujero y otras cosas. Empiece a car el agujero lo suficientemente alejado del tallo principal (10 pulg [25 cm]) para que la pala no interfiera con las raíces. Luego, suavemente retire la tierra mientras cava hacia el cepellón para que este se pueda revisar en la posición en la que se plantó. El sistema de raíces de la planta deberá estar en un plano vertical y no retorcido, comprimido o atracado y el agujero no debe contener rocas grandes, palos, basura u otros desperdicios extraños. El suelo necesita estar tan firme como el suelo no perturbado de los alrededores, sin bolsillos de aire. En las plantaciones con barrena, tenga cuidado de revisar la firmeza del suelo cerca del fondo de los agujeros (USDA 2002).

Monitoreo del Desempeño del Trasplante en Exterior

Los trasplantes de reforestación y restauración pueden ser una inversión costosa por lo que es conveniente realizar estudios para hacer un seguimiento al éxito alcanzado en los trasplantes con el paso del tiempo. Una guía excelente sobre cómo evaluar las plantaciones de restauraciones está disponible en el Capítulo 12 de Steinfeld y otros (2008). El control de calidad durante o inmediatamente después del trasplante en exterior asegura que las plantas estén colocadas correctamente. La supervisión a un plazo más largo proporciona retroalimentación al vivero y al cliente, lo cual puede llevar a tener una calidad de plántulas mejoradas y mayor éxito en el trasplante en proyectos subsiguientes.

Cuándo y qué Monitorear

Se deben monitorear las parcelas en cuanto al crecimiento y supervivencia durante el primer o segundo mes después del trasplante y nuevamente al final del primer año. El crecimiento puede medirse como crecimiento de la altura y crecimiento del diámetro del tallo (figura 17.23). Las revisiones subsiguientes después del 3er y 4to año darán buena indicación de las tasas de crecimiento de las plantas. La supervivencia se puede expresar en porcentajes; si el cliente plantó 100 árboles, pero después de 2 meses, 20 se murieron, la supervivencia es de 80% en ese punto en el tiempo.



Figura 17.23—Se pueden usar los palos o medidores de yardas para monitorear el crecimiento en altura de los árboles plantados como se ve aquí con *Senna polyphylla* (A) y *Cordia rickseckeri* (B) en un proyecto de enriquecimiento del bosque en las Islas Vírgenes de los Estados Unidos. Fotos de Brian F. Daley.

Algunos proyectos definen las metas mensurables dentro de los marcos de tiempo especificados como parte de sus objetivos. Estas metas a veces se denominan “criterios de éxito” o condiciones “futuras deseadas.” Por ejemplo, un proyecto de reforestación podría fijar una meta de 400 árboles vivos por acre 2 años después del trasplante. Un proyecto de planta nativa podría tener una meta de alcanzar un cierto porcentaje de cubierta nativa del suelo o composición de especies dentro del primer año después del trasplante. El monitoreo se realiza entonces para medir si se alcanzaron estas metas.

El cliente y el administrador del vivero luego usarán esta información de desempeño para hacer más precisas las especificaciones de las plantas para el siguiente cultivo. El cliente puede también modificar sus prácticas de trasplante y de administración para lograr mejor supervivencia y crecimiento en base a esta información.

Tipos de Estudios

Se han realizado tradicionalmente dos tipos de estudios, en parcelas circulares y en filas de estacas, y los dos tienen sus propias ventajas.

Parcelas Circulares

El método tradicional para determinar la densidad de la plantación es medir parcelas de 1/100 acres (40 m²) que estén distribuidos en forma pareja en el sitio de la plantación. Una muestra adecuada es aproximadamente una parcela por acre (2.5 parcelas por hectárea), con usualmente no más de 30 parcelas distribuidas en forma pareja en toda el área plantada. Una parcela de 1/100 acres tiene un radio de aproximadamente 12 pies (3.6 m), que está establecida con una estaca en el centro y una pieza de sogá o cordel cortado de acuerdo con esta longitud (Londo y Dicke 2006). Se cuentan todas las plantas dentro de la parcela, y sus partes superiores se examinan y se miden. El sistema de raíces de la planta más cercana al centro se excava para evaluar la técnica de plantado. Registrar cada parcela separadamente en un formato de estudio (figura 17.24) usando los criterios para el examen mostrados en la figura 17.10.

Filas de Estacas

Debido a que es difícil reubicar las plantas en los sitios con rápido crecimiento de maleza, las filas de estacas de 10 plantas pueden usarse para sea más fácil encontrar las plantas en las

Plantación: _____		Fecha de plantación: _____		Inspector: _____		
No. Parcela: _____		Fecha de inspección: _____		No. contrato: _____		
No. planta	Cod. Especie	Altura (cm)	Calibre (mm)	Códigos estado	Comentarios	Códigos estado de plantas
						1 = Punto de plantación deficiente 2 = Plantado demasiado profundo 3 = Plantado muy poco profundo 4 = Raíz "J" 5 = Compactación deficiente, bolsillos de aire 6 = Material extraño en el agujero 7 = No plantado verticalmente 8 = Desbroce deficiente 9 = Plantado muy cerca de otra planta 10 = Otro – proporcionar comentarios"
						Mapa de parcela

Figura 17.24—Usar un formato de estudio estándar garantizará que se recolecte la misma información en cada parcela. Figura de Jim Marin.

evaluaciones subsiguientes. Una parcela de una fila tiene un punto de inicio que puede reubicarse fácilmente y 10 estacas de planta a lo largo de la marcación del compás. La altura, el diámetro y condición de la planta se registran en el formato de datos, junto con el espaciado promedio entre las plantas. Los datos de la fila de estacas se usan normalmente para determinar la supervivencia, tasas de crecimiento y plantas por área (Londo y Dicke 2006).

Diseño de Muestreo

Con frecuencia se recomienda el muestreo sistemático y estratificado debido a que las parcelas están ubicadas a distancias estándar predeterminadas y por lo tanto es fácil reestablecerlas y reubicarlas. La estratificación significa que la población completa de plantas en el área de trasplante en exterior se subdivide en unidades homogéneas antes de que empiece el muestreo. Primero, se identifica el nivel de las condiciones uniformes, y luego se ubican sistemáticamente las muestras de las parcelas dentro de estas áreas (Pearce 1990). Estos niveles podrían estar basado en especies, viveros de origen, personal de plantación o cualquier otro factor que podría significar una variación grave. El stock plantado a máquina en tierra agrícola abandonada tendría menos variación debido a que las condiciones son relativamente uniformes y la variación de cultivador a cultivador no es un problema. En contraste, hay una gran variabilidad en proyectos plantados a mano en terreno montañoso debido a diferencias en el aspecto, suelos y técnica de plantación.

Cantidad de Parcelas

La cantidad de parcelas a establecer es por lo general una función de dos factores: (1) recursos disponibles (tiempo y dinero) y (2) variabilidad de los atributos que se medirán. Al calcular una cantidad adecuada de parcelas, los encargados de las estadísticas están interesados en alguna medida de variabilidad, tal como una desviación estándar de las alturas de las plantas en el trasplante en exterior. Por ejemplo, si una rápida revisión de las alturas de las plantas muestra grandes variaciones dentro del sitio del que se sacará la muestra, entonces se deben agregar más parcelas. Por otro lado, si las alturas parecen muy uniformes, entonces serán suficientes menos parcelas. Si desea significado estadístico, hay más cálculos complejos disponibles para calcular la cantidad apropiada de parcelas usando un estimado de la variabilidad del atributo y el grado de precisión estadística deseado (Stein 1992). Con frecuencia la cantidad de parcelas basadas en la variabilidad es con frecuencia un cálculo, en la mayoría de los casos, una intensidad de muestreo de 1 a 2 por ciento es suficiente (Neumann y Landis 1995).

Mantenimiento Después de la Plantación

The most significant threat to success of planted seedlings on tropical sites is competing vegetation and animal damage.

In addition to preventative measures performed by site preparation and treatments at the time of planting, post-planting treatments may be required to ensure the early growth and survival of seedlings.

Control de Malezas

El crecimiento agresivo de pastos y malezas hacen que el control de la vegetación después de la plantación sea una necesidad absoluta para el arraigo exitoso de plantas de vivero en los sitios de proyecto tropicales. Las enredaderas pueden dañar gravemente los árboles jóvenes y deben cortarse varias veces al año durante los primeros años para evitar que hagan sombra, deformen o hasta derriben los árboles jóvenes. Muchos sitios de campo están infestados con pastos exóticos, tales como el pasto kikuyu (*Pennisetum clandestinum*) proveniente del África, que se introdujo en muchas áreas tropicales hace cien años y ha colonizado efectivamente áreas extensas (figura 17.25). Este pasto tiene raíces largas, es un competidor agresivo para obtener humedad y nutrientes, y es alelopático (produce inhibidores de crecimiento a otra vegetación). El crecimiento de los árboles se verá gravemente inhibido si este pasto no se controla completamente alrededor de árboles jóvenes. Se ha visto que los herbicidas son más efectivos que el control manual de malezas debido a que mata también las raíces alelopáticas, así como las copas (Ladrach 1992). En una plantación de eucalipto azul (*Eucalyptus globulus*) en Colombia, se aplicó glifosato al pasto kikuyu en un diámetro de 3 pies (1 m)



Figura 17.25—El pasto kikuyu ha formado una cubierta gruesa y densa a lo largo de vastas áreas en Hawái y deberá controlarse para permitir el arraigo y crecimiento a largo plazo y supervivencia de especies de plantas deseables. Foto de Diane L. Haase.

junto con desbroce con azadón en el momento de la plantación y nuevamente 7 meses después. Después de 2 años, los volúmenes de los árboles aumentaron en más de 250% mediante el uso de herbicidas, comparado con árboles en parcelas donde se controlaron las malezas por medio del azadón (Lambeth 1986).

El control de malezas durante los primeros 2 años después de la plantación ayuda a que las plantas del vivero se arraiguen y controla las especies no deseadas hasta que se puedan dejar fuera de competencia o eliminarse sombreándolas. Al igual que con la preparación, el mantenimiento de la maleza después del trasplante puede realizarse por medios mecánicos o químicos. Sin embargo, se deberá tener cuidado de no dañar las plantas sembradas del vivero. La administración y plantación intensiva de malezas de especies deseadas eventualmente aumentará la resistencia del sitio para la mayor invasión de malezas al favorecer el crecimiento y arraigo de las especies deseadas.

Control de los Animales

Al igual que con el control de las malezas, la continua protección contra el daño animal después del trasplante en exterior puede ser fundamental para asegurar el éxito del proyecto. Es necesario realizar el monitoreo y mantenimiento para los tubos de malla instalados, a fin de asegurar que la planta no se enrede en la malla y que sigue proporcionando protección adecuada; a veces el tubo puede deslizarse hacia arriba a medida que crece la planta para protección continua de las copas. Es necesario revisar los cercos regularmente y repararlos como corresponda para la exclusión continua de animales.

Seguimiento a Largo Plazo: Mejoramiento de las Especificaciones de la Planta Objetivo

Ambos el administrador del vivero y el cliente aprenden de las experiencias de trasplante en exterior y los resultados de monitoreo. Es valioso realizar comprobaciones con los clientes durante los primeros años (o más) después del trasplante para mejorar las prácticas del vivero, técnicas de trasplante en exterior y en general el éxito alcanzado en los proyectos. Tal como se describe en el Capítulo 3, Definición de la Planta Objetivo, y Capítulo 4, Planificación de los Cultivos: Protocolos de Propagación, Cronogramas y Registros. El cliente y el administrador del vivero deberán trabajar juntos desde el inicio para definir las especificaciones morfológicas y fisiológicas objetivo para las plantas en base a la evaluación de las condiciones del sitio, factores limitantes, ventana de trasplante en exterior, y otros. Trabajar juntos para evaluar lo que funcionó y lo que se puede mejorar ayuda a mejorar la planta objetivo en condiciones similares y tener mejores resultados en el futuro. Capítulo 18, Trabajar con Personas, muestra cómo crear acuerdos y responsabilidades claros para que el cli-

ente y el administrador del vivero puedan disfrutar una relación de colaboración continua. Consultar el Capítulo 20, Descubrir Formas para Mejorar las Prácticas del Vivero y la Calidad de las Plantas, a fin de adquirir más información sobre captar las lecciones que se aprendieron de los clientes y las experiencias en el trasplante.

Referencias

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: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station: 423–424.

Ammond, S.A.; Litton, C.M.; Ellsworth, L.M.; Leary, J.K. 2013. Restoration of native plant communities in a Hawaiian dry lowland ecosystem dominated by the invasive grass *Megathyrsus maximus*. *Applied Vegetation Science*. 16: 29–39.

Barajas-Guzmán, A.E.; Campo, J.; Barradas, V.L. 2006. Soil water, nutrient availability and sapling survival under organic and polyethylene mulch in a seasonally dry tropical forest. *Plant and Soil*. 287: 347–357.

Bell, F.; Falanruw, M.; Lawrence, B.; Limtiaco, D.; Nelson, D. 2002. Draft vegetation strategy for southern Guam. Honolulu, HI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service and Natural Resources Conservation Service; Government of Guam Division of Forestry. 11 p.

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 Agriculture*. 22(4): 161–166.

Cleary, B.D.; Greaves, R.D.; Hermann, R.K. 1978. Regenerating Oregon's Forests. Corvallis, OR: Oregon State University Extension Service. 286 p.

Dendy, J. 2011. Low input methods of forest restoration and observations of native birds and flying foxes in savanna habitat in the Lake Ngardok Nature Reserve, Palau. MS Thesis, University of Hawai'i at Hilo.

Emmingham, W.H.; Cleary, B.C.; DeYoe, D.R. 2002. Seedling care and handling. In: Oregon State University Extension Service: The woodland workbook: forest protection. Corvallis, OR: Oregon State University Extension Service. 4p.

Engelbrecht, B.M.J.; Kursar, T.A. 2003. Comparative drought-resistance of seedlings of 28 species of co-occurring tropical woody plants. *Oecologia*. 136: 383–393.

Feyera, S.; Beck, E.; Lüttge, U. 2002. Exotic trees as nurse-trees for the regeneration of natural tropical forests. *Trees*. 16: 245–249.

Forestry Suppliers Inc. 2013. Forestry Suppliers website. <http://www.forestry-suppliers.com/>. (March 2013).

- Gavenda B.; Nemesek J. 2008. Soil quality and land use changes on a humid tropical island-Palau. USDA Natural Resource Conservation Service, Pacific Islands Area, Mongmong, Guam, USA.
- 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.
- Hau, B.C.H.; Corlett, R.T. 2003. Factors affecting the early survival and growth of native tree seedlings planted on a degraded hillside grassland in Hong Kong, China. *Restoration Ecology*. 11: 483–488.
- 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.
- Helgerson, O.T. 1989. Heat damage in tree seedlings and its prevention. *New Forests*. 3: 333–358.
- Hoag, J.C.; Landis, T.D. 2001. Riparian zone restoration: field requirements and nursery opportunities. *Native Plants Journal*. 2: 30–35.
- Holl, K.D. 2002. Effect of shrubs on tree seedling establishment in an abandoned tropical pasture. *Journal of Ecology*. 90: 179–187.
- Holl, K.D.; Aide, T.M. 2011. When and where to actively restore ecosystems? *Forest Ecology and Management*. 261(10): 1558–1563.
- Jacobs, D.F. 2011. Reforestation of a salvage-logged high-elevation clearcut: Engelmann spruce seedling response to tree shelters after eleven growing seasons. *Western Journal of Applied Forestry*. 26:53–56.
- 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: 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.
- Jones, B.; Alm, A.A. 1989. Comparison of planting tools for containerized seedlings: two-year results. *Tree Planters' Notes*. 40): 22–24.
- Kaboré, D.; Reij, C. 2004. The emergence and spreading of an improved traditional soil and water conservation practice in Burkina Faso. Paper 114. IFPRI. Washington, DC: International Food Policy Research Institute, Environment and Production Technology Division. 43 p.
- Kloetzel, S. 2004. Revegetation and restoration planting tools: an in-the-field perspective. *Native Plants Journal*. 5: 34–42.
- Ladrach, W.E. 1992. Plantation establishment techniques in tropical America. *Tree Planters' Notes*. 43: 125–132.
- Lamb, D.; Erskine, D.P.; Parrotta, A.J. 2005. Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*. 310: 1628–1632.
- Lambeth, C.C. 1986. Grass control with the herbicide Roundup increases yield of *Eucalyptus globulus* in Salinas. Res. Rep. 108. Cali, Colombia: Carton de Colombia, S.A. 5 p.
- Landis, T.D.; Dumroese, R.K.; Haase, D.L. 2010. The container tree nursery manual: volume 7, seedling processing, storage, and outplanting. Agriculture Handbook 674. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 200 p.
- Landis, T.D.; Haase, D.L. 2012. Applications of hydrogels in the nursery and during outplanting. In: Haase, D.L.; Pinto, J.R.; Riley, L.E., tech coords. National proceedings: forest and conservation nursery associations—2011. Proceedings RMRS-P-68. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 53–58.
- 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: 19–25.
- Londo, A.J.; Dicke, S.G. 2006. Measuring survival and planting quality in new pine plantations. Tech. Bull. SREF-FM-001. Athens, GA: University of Georgia, Southern Regional Extension Forestry. 5 p.
- Lowery, R.F.; Lambeth, C.C.; Endo, M.; Kane, M. 1993. Vegetation management in tropical forest plantations. *Canadian Journal of Forest Research*. 23: 2006–2014.
- Lowman, B. 1999. Tree planting equipment. In: Alden J., ed. Stocking standards and reforestation methods for Alaska. Misc. Pub. 99-8. Fairbanks, AK: University of Alaska Fairbanks, Agricultural and Forestry Experiment Station: 74–77.
- Lugo, A.E. 1997. The apparent paradox of reestablishing species richness on degraded lands with tree monocultures. *Forest Ecology and Management*. 99: 9–19.
- 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 of Forestry Research*. 23: 2443–2451.
- Medeiros, A.C.; vonAllmen, E. 2006. Restoration of native Hawaiian dryland forest at Auwahi, Maui. Fact Sheet 2006–3035. Reston, VA: U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey. 4 p.
- Mexal, J.G.; Negreros-Castillo, P.; Rangel, R.A.C.; Moreno, R. 2005. Evaluation of seedling quality and planting tools for successful establishment of tropical hardwoods. *International Plant Propagators Society, Combined Proceedings*. 55: 524–530.
- 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: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station: 36–43.

- 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, Canada: University of British Columbia Press: 98–116.
- Rose, R.; Haase, D.L. 2006. Guide to reforestation in Oregon. Corvallis, OR: Oregon State University, College of Forestry. 48 p.
- 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.S. 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.
- 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.
- 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. 2008. Roadside revegetation: an integrated approach to establishing native plants. Vancouver, WA: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. 413 p.
- 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 treeselters in Pennsylvania. *Northern Journal of Applied Forestry*. 16: 7–10.
- 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.
- Trent, A. 1999. Improved tree-planting tools. Timber Tech Tips 9924-2316-MTDC. Missoula, MT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Technology and Development Program. 6 p.
- Upton, D.; de Groot, P. 2008. Planting and establishment of tropical trees. *Propagation and Planting Manuals*. Vol. 5. London, United Kingdom: Commonwealth Secretariat. 142 p.
- U.S. Department of Agriculture (USDA). 2002. Silvicultural practices handbook (2409.17): chapter 2—reforestation. Missoula, MT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 106 p.
- Van der Putten, W.H.; Mortimer, S.R.; Hedlund, K.; Van Dijk, C.; Brown, V.K.; Leps, J.; Rodriguez-Barrueco, C.; Roy, J.; Len, T.A.D.; Gormsen, D.; Korthals, G.W.; Lavorel, S.; Regina, I.S.; Smilauer, P. 2000. Plant species diversity as a driver of early succession in abandoned fields: a multi-site approach. *Oecologia*. 124: 91–99.
- Weller, S.G.; Cabin, R.J.; Lorence, D.H.; Perlman, S.; Wood, K.; Flynn, T.; Sakai, A.K. 2011. Alien plant invasions, introduced ungulates, and alternative states in a mesic forest in Hawaii. *Restoration Ecology*. 19: 671–680.
- Wightman, K.E.; Shear, T.; Goldfarb, B.; Haggard, J. 2001. Nursery and field establishment techniques to improve seedling growth of three Costa Rican hardwoods. *New Forests*. 22: 75–96.