

1971). Como por ejemplo, si la progenie se prueba en un área pantanosa o a una gran altitud, no debe esperarse obtener también la función de huerto semillero.

Los criterios de manejo difieren para las pruebas genéticas y para los huertos semilleros de plántulas. Si se desea que un árbol produzca una abundante cantidad de conos, debe tener su copa completamente desarrollada y estar expuesto a la luz solar plena. Por otra parte, una estimación conveniente del crecimiento de la progenie sólo puede hacerse después de que los árboles hayan crecido lo suficiente para estimar cómo crecerán cuando la competencia sea intensa. En consecuencia, la elección final de los mejores individuos de las mejores familias no es posible hacerla sino hasta ese momento. Sin embargo, si se espera a que se establezca la competencia antes del aclareo para obtener la semilla, las copas de los árboles restantes estarán tan reducidas que la producción de semilla se verá gravemente afectada y los costos de la colecta aumentarán considerablemente. Si el aclareo se efectúa a una edad temprana apropiada, de modo que se logre el completo desarrollo de la copa y con ello una abundante producción de semilla, la eficiencia del proceso de selección puede aumentar considerablemente. Cuando los árboles se plantan a espaciamientos inicialmente grandes para producir copas bien desarrolladas, se altera la función de la prueba de progenie.

Una solución parcial a este dilema es realizar simultáneamente varias pruebas de las mismas familias en diferentes áreas. Una de esas pruebas puede efectuarse para determinar la producción final de semilla (es decir, amplio espaciamiento o cultivo intensivo); las otras pruebas se utilizan estrictamente para determinar el rendimiento de las familias. El huerto semillero de plántulas se depura luego de las familias inconvenientes, con base en los rendimientos en pruebas diseñadas para ese fin. Una de las desventajas de esta alternativa es que sólo puede practicarse eficazmente la selección a nivel de familia en el huerto. Los árboles individuales no pueden valorarse con precisión debido a que han sido manejados con la finalidad de producir semilla, no para estimar sus características de producción de madera. En los casos en que es posible tomar decisiones tempranas en lo que respecta al factor de superioridad antes de que se establezca la competencia y en el caso de rotaciones muy cortas, por ejemplo los árboles de Navidad, el método del huerto semillero de plántulas es bastante satisfactorio. Se han desarrollado muchos esquemas distintos para sacar ventaja del concepto de *huerto de plántulas*. Entre ellos están los de Klein (1974), Riemenschneider (1977) y Cameron y Kube (1980).

La mayoría de los huertos vegetativos se han establecido mediante injertos. Con bastante frecuencia, se observa incompatibilidad entre la púa y el portainjerto, dando como resultado injertos enfermos o muertos (figura 6.5). En el caso de algunas especies, como el abeto "Douglas", la incompatibilidad ha sido un grave problema, por lo que se han registrado pérdidas muy significativas. Especies como el pino "loblolly" muestran una incompatibilidad al injerto de casi el 20%, lo cual crea problemas, pero puede tolerarse. La mayoría de los genetistas forestales simplemente han aceptado este grado de incompatibilidad y han trabajado con él.

Se han desarrollado métodos para determinar tempranamente la incompatibilidad del injerto y para intentar evitarla (Slee y Spidy, 1970; Copes, 1973 a, 1981; McKinley, 1975). Actualmente, se están estableciendo algunos huertos vegetativos utilizando



Figura 6.5 Fotografía que muestra un típico injerto incompatible de pino. La unión del injerto es anormal, las acículas son cortas y el árbol carece de vigor, pero florece abundantemente. El árbol morirá pronto. La incompatibilidad puede manifestarse casi inmediatamente después del injerto, o bien puede postergarse, como se muestra en la fotografía, y afecta seriamente a los árboles de 20 o más años de edad.

estacas enraizadas de varias especies de coníferas y latifoliadas, tales como abetos y eucaliptos. En el futuro, también es posible que se utilicen plantetos producidos por cultivo de tejidos. Estos tipos de propagación vegetativa evitan la incompatibilidad del injerto, pero en ocasiones se desarrollan deformación y desproporción de la raíz y problemas en la floración. Si se enfrentan graves problemas con la salud de los huertos propagados vegetativamente, los *huertos de plántulas* muestran entonces una *clara superioridad*.

Se ha discutido la magnitud de las ganancias genéticas que pueden obtenerse con los dos diferentes tipos de huertos semilleros. Deben hacerse varias especificaciones, tales como si la semilla utilizada en las pruebas genéticas y en los huertos de plántulas proviene de polinización libre o de polinización controlada, y qué generaciones de mejoramiento se están comparando. Si la semilla utilizada para el huerto de plántulas proviene de progenitores seleccionados, habrá una generación de diferencia entre los huertos clonales y los de plántulas. Si se establece un huerto semillero de plántulas mixto, para prueba y huerto común, es posible llevar a cabo una selección tanto de familias como dentro de ellas. Si la prueba de progeñie se realiza independientemente del huerto de plántulas, entonces la depuración de este tipo de huerto se basa casi por completo en el rendimiento de las familias.

En un huerto de plántulas está involucrado un número de progenitores mayor que los 30 ó 50 que comúnmente se utilizan en un huerto vegetativo, proporcionando así una base genética más amplia. Sin embargo, la diferencial de selección es menor que la de los progenitores que se seleccionan más intensivamente para el huerto vegetativo. Quizá el hecho más importante de todos, pero que suele no considerarse, es que un genotipo sobresaliente aparece sólo una vez en un huerto semillero de plántulas, mientras que puede aparecer varias veces en muchos huertos cuando se propaga vegetativamente.

La prueba de cada progenitor utilizado en un huerto vegetativo es obligatoria para la depuración posterior de los progenitores indeseables. La depuración puede aumentar significativamente la ganancia genética obtenible de un huerto dado al eliminar los genotipos que muestran características indeseables, tales como susceptibilidad a la enfermedad o crecimiento deficiente. La prueba en los huertos semilleros de plántulas no se hace sobre una base individual, sino a nivel de familia, por lo que, nunca puede identificarse con precisión un progenitor ocasionalmente sobresaliente con una buena aptitud combinatoria general.

La edad a la cual ocurre la producción de semillas en plántulas e injertos es bastante importante. Los huertos de plántulas son muy apropiados para especies como la mayoría de los Eucalyptus, la picea "black" (*Picea mariana*), los pinos de floración temprana y muchas latifoliadas que producen semillas a una edad temprana. En el caso de especies que florecen tardíamente después de 10 a 20 años, el huerto vegetativo es por lo general el mejor, debido a que los injertos tienden a retener la edad fisiológica de los progenitores a partir de los cuales se obtuvieron los propágulos, por lo que suele producirse floración temprana cuando los injertos se hacen con púas de individuos maduros. En el caso de que se requiera material joven a fin de obtener un enraizamiento satisfactorio, a veces la floración se retrasa varios años más a partir de estacas que

de injertos provenientes de progenitores maduros. Cuando la selección se ha hecho en árboles reproductivamente maduros, la floración temprana en injertos de especies que han retrasado su floración es una ventaja importante del método de propagación vegetativa.

Hasta que se cuente con más información, siempre deben evitarse las cruza emparentadas en todos los tipos de huerto. El riesgo de autofecundación aumenta considerablemente en un huerto vegetativo si los rametos de un determinado clon no están bien separados (véase la figura 2.6). La utilización de sólo unos pocos clones en el huerto hace que este problema se agrave, ya que en general es imposible mantener una separación adecuada en un huerto vegetativo con menos de 10 clones (van Buijtenen, 1981). En huertos de plántulas, la autofecundación sólo puede ocurrir en el árbol individual, que es lo que ocurre en el injerto individual en un huerto vegetativo. Debe tenerse mucho cuidado para que las familias emparentadas estén espaciadas adecuadamente a fin de evitar cruza entre individuos emparentados; ésta es una omisión frecuente en los huertos semilleros de plántulas.

Una ventaja con frecuencia atribuida a los huertos vegetativos es que pueden situarse en la localidad más apropiada para una operación eficiente o bien en un clima que se ha demostrado es conveniente para obtener una producción temprana, importante y confiable de semillas. Esta capacidad se está utilizando cada día más incluso al grado de establecer huertos semilleros de especies del Hemisferio Norte en el Hemisferio Sur para obtener semillas que se utilicen en las áreas del norte. Los huertos de plántulas también pueden establecerse para sacar ventaja de dicha productividad de flores mejorada, pero se pierde entonces la doble función, de prueba y de producción de semillas, y para depurarlos sólo puede utilizarse la información obtenida a nivel de familia.

Clasificación de huertos semilleros

Los huertos semilleros se clasifican comúnmente de acuerdo con la generación; es decir, los huertos de primera generación, de segunda generación o de generación más avanzada, dependiendo de cuántos ciclos de mejoramiento representen. Sin importar qué tipo de huerto se establezca, deben hacerse registros genealógicos para reducir al mínimo las cruza deletéreas entre organismos emparentados y para tener la certeza de que se están utilizando únicamente los mejores tipos genéticos. El *huerto de primera generación* por lo general resulta de la selección en rodales naturales o en plantaciones no mejoradas, utilizando más frecuentemente los métodos de selección individual. En general, se desconoce el pedigrí de los árboles progenitores. Los huertos de primera generación se mejoran mediante depuración; es decir, eliminando los genotipos menos deseables que se determinan a través de la prueba de progeñie. La eliminación de árboles por razones de espacio o de salud en los huertos semilleros es simplemente una operación de aclareo, y no una depuración genética. Debido a que un huerto de este tipo se inicia con progenitores cuyo valor genético se desconoce, los huertos suelen establecerse con espaciamientos cortos para permitir la erradicación de los genotipos inferiores y dejan a pesar de esto el área del huerto semillero total-

mente productiva; con frecuencia, 50% o más de los clones inicialmente establecidos serán eliminados. Si el huerto se establece con el espaciamiento final deseado y después se depura, habrá grandes espacios que darán como resultado deficiencias en la producción de semilla, y con frecuencia rendimiento y calidad deficientes debido a la poca polinización cruzada.

Existe un tipo de huerto que hoy en día se le conoce comúnmente, aunque de manera equivocada, como *huertos de generación 1.5*. Consiste en seleccionar a los mejores genotipos (mejores combinadores generales) de varios huertos de ambiente geográfico similares y reunirlos en un nuevo huerto de primera generación, ampliamente mejorado. Este método común de combinar los mejores genotipos, lo cual resulta en ganancias genéticas excelentes, ha sido descrito por Zobel como *huerto de generación 1.5* para subrayar que el huerto producirá semilla de mejor calidad debido a que está compuesta únicamente de los mejores genotipos. Los huertos que *no son de generación 1.5* son sólo huertos de *primera generación* altamente mejorados.

Localización, establecimiento, tamaño y manejo del huerto semillero

Cuando se establece un huerto semillero, deben tomarse en cuenta muchos aspectos. La localización, el tamaño, el tipo y los métodos de manejo del huerto son de vital importancia; estos aspectos se estudiarán después. Si cada uno de ellos no se ha considerado adecuadamente, el huerto puede fracasar por completo o bien ser ineficiente. Una regla básica para establecer un huerto semillero es planear con anticipación; para la fase de establecimiento inicial, es necesario una planeación previa de 2 a 3 años, por lo que se requiere un período de planeación de muchos años para el complejo total del huerto. Existen muchas publicaciones relacionadas con las diferentes fases del desarrollo y manejo de los huertos semilleros. Algunas de ellas son las de Miyake y Okibe (1967), Chapman (1968) y Sprague (1978). La mayor parte de la información disponible es sobre huertos de coníferas, si bien en unas pocas publicaciones (por ejemplo, Taft, 1968; Churchwell, 1972; Dorn y Auchmoody, 1974) se estudian los huertos de latifoliadas.

Localización. Una decisión temprana crucial se relaciona con la localización del huerto semillero. Deben tomarse en cuenta aspectos como: accesibilidad, disponibilidad potencial de mano de obra, textura y fertilidad del suelo, ventilación, suministro de agua, localización geográfica, aislamiento, insectos, enfermedades y plagas de animales destructivos. De importancia fundamental (pero desafortunadamente determinada sólo después de una larga experiencia) es determinar si el ambiente de un área favorece la floración de los árboles. Un aspecto importante cuando se selecciona el sitio del huerto es precisar si es un área donde la producción de semilla será confiable año tras año. Otro punto importante es qué tan pronto el huerto entrará en la producción comercial de semilla. Muchos sitios finalmente producen semilla, pero el ambiente de algunos sitios puede ser particularmente bueno para la floración temprana y abundante. Algu-

nas de las grandes diferencias que existen en los potenciales de producción de semilla y de floración pueden predecirse, mientras que otras diferencias ocurren por razones desconocidas o más bien inciertas. La decisión acerca de dónde se establecerá el huerto, también debe considerar el riesgo de los factores ambientales adversos y las condiciones financieras de la institución involucrada.

Un aspecto que suele pasarse por alto es la importancia que para el aspecto de relaciones públicas tiene el huerto semillero. Por lo tanto, además de los aspectos biológicos y económicos que están relacionados con la localización de los huertos, también debe presentarse atención a la accesibilidad y valor del huerto respecto a las relaciones públicas. Uno de los métodos más seguros y eficaces de obtener apoyo para un programa de mejoramiento genético forestal es contar con un huerto semillero bien establecido, bien conservado y bien planeado que sea fácilmente accesible a aquellos que están involucrados en la asignación de los recursos financieros.

Otro aspecto importante que se debe considerar en la localización de los huertos semilleros se relaciona con la posible pérdida del terreno del huerto para destinarlo a caminos, aeropuertos, presas, centros comerciales, tendido de tuberías, etc. Esto puede parecer trivial, pero no lo es; podrían citarse varios casos de programas interrumpidos debido a que se utilizó el área del huerto semillero para otros fines.

El huerto más eficaz es aquel que está cerca de los centros de operaciones, con equipo y mano de obra centralizados y fácilmente disponibles. Con una planeación adecuada y contándose con personal suficiente, los huertos semilleros asociados con viveros dan buenos resultados. La concentración de un grupo de huertos en una sola localidad es eficaz, pero aumenta el riesgo de que ocurran pérdidas importantes o totales debidas a catástrofes naturales como tornados, ciclones, granizo o tormentas de hielo (figura 6.6). Los huertos pequeños y dispersos disminuyen el riesgo de que ocurran pérdidas totales, pero implican un establecimiento y costos de operación más elevados (Vande Linde, 1969). Antes de iniciarse un programa, se debe tomar la decisión entre aumentar la seguridad al contar con varios huertos dispersos o tener huertos más grandes, más concentrados y más eficaces con un mayor riesgo de sufrir pérdidas importantes. La mayoría de las instituciones han escogido la opción de los huertos concentrados. Cuando se hace esto, se establecen los clones del huerto en bancos clonales separados, de modo que no se pierdan los genotipos deseados en caso de que ocurra una catástrofe en el huerto operativo.

Suelos, topografía y geografía. El tipo de suelo apropiado para un huerto semillero varía con la especie. En general, el sitio del huerto debe mostrar una fertilidad promedio. Se considera que los sitios poco fértiles son inadecuados para los huertos semilleros, pero aún no se comprenden bien del todo las razones de la escasa producción de semillas que suele observarse en sitios bastante fértiles. Es posible que sea el resultado de los daños ocasionados por las heladas a las estructuras reproductivas, a causa del hecho de que los árboles no sean resistentes o porque la yema en reposo puede no formarse con la suficiente antelación para iniciar el adecuado desarrollo reproductivo antes de la llegada del clima frío (Greenwood, 1981). Por último, las estructuras reproductivas pueden comenzar a crecer demasiado pronto en la estación. Los buenos

sitios frecuentemente requieren un tiempo prolongado antes de que el huerto sea conveniente para la producción comercial de semilla, debido al abundante crecimiento vegetativo y al deficiente crecimiento reproductivo. La productividad del huerto puede manipularse parcialmente mediante fertilización y algunas veces a través del riego, pero los sitios húmedos muy fértiles no le dejan al encargado del huerto las opciones de manejo que pueden aplicarse en un sitio menos fértil.

Con frecuencia, el éxito o fracaso de un huerto está directamente relacionado con las propiedades físicas del suelo, ya que éstas afectan las condiciones de operación. En general, los campos agrícolas abandonados han demostrado ser buenos sitios para un huerto semillero. Cuando los huertos semilleros no puedan establecerse en un terreno plano, deben buscarse sitios no muy inclinados que sean adecuados para el equipo de operación. En regiones frías, el huerto debe estar generalmente orientado hacia el ecuador y hacia el oeste para obtener una iluminación y calor máximos, especialmente durante la temporada crítica de floración. Sin embargo, siempre existen excepciones con diferentes áreas y especies que requieren condiciones frías y húmedas para la mejor floración. En varias partes del mundo, especialmente aquéllas de climas fríos, se utiliza el método de la suma de las temperaturas para determinar la conveniencia de un área para producir estructuras reproductivas.

El huerto debe localizarse donde exista una buena aeración (ventilación), especialmente en áreas donde ocurran heladas. Debe protegerse también de los fuertes vientos en las áreas más expuestas (Dyson y Freeman, 1968) (véase la figura 6.6). Es conveniente que el huerto esté cerca de una fuente de agua, debido a la posible necesidad de aspersiones, riego y protección contra los incendios. El huerto no debe localizarse en las partes más frías del área de distribución de la especie, y *nunca debe* establecerse fuera del área de distribución natural de la especie sin antes efectuar una prueba. La floración puede ser irregular y las pérdidas debidas a condiciones ambientales extremas son comunes. Esto no significa que la ubicación del huerto fuera del área de distribución no pueda ser excelente. Los huertos pueden establecerse hacia el sur (o hacia el norte, en el Hemisferio Sur) del límite de la especie (Gansel, 1973; Schmidtling, 1978; Gallegos, 1981). Semilla excelente de los pinos del sureste de los Estados Unidos se está produciendo en Sudáfrica y Zimbabwe. El traslado de los huertos puede ser conveniente, pero *sólo debe hacerse después de que las pruebas han demostrado que se obtienen frutos y semillas normales* en el nuevo ambiente. En el sureste de los Estados Unidos, la experiencia ha demostrado que el área geográfica alrededor de Savannah, Georgia, produce consistentemente cosechas bastante buenas de conos del pino "loblolly", por lo que en esa área se han concentrado varios huertos semilleros operativos.

Como regla general, el huerto debe localizarse primero en la porción principal del área de distribución geográfica de la especie para la cual el huerto se estableció. En algunas localidades con ambientes extremados, tales como áreas frías, pueden obtenerse periódicamente cosechas de semilla, pero serán menos frecuentes, y algunas veces se obtiene una alta proporción de semillas inmaduras o no viables. En el caso de latifoliadas y pinos, los daños a los flores por las heladas son comunes. En ninguna circunstancia el huerto debe establecerse en un cinturón de hielo conocido o en regio-

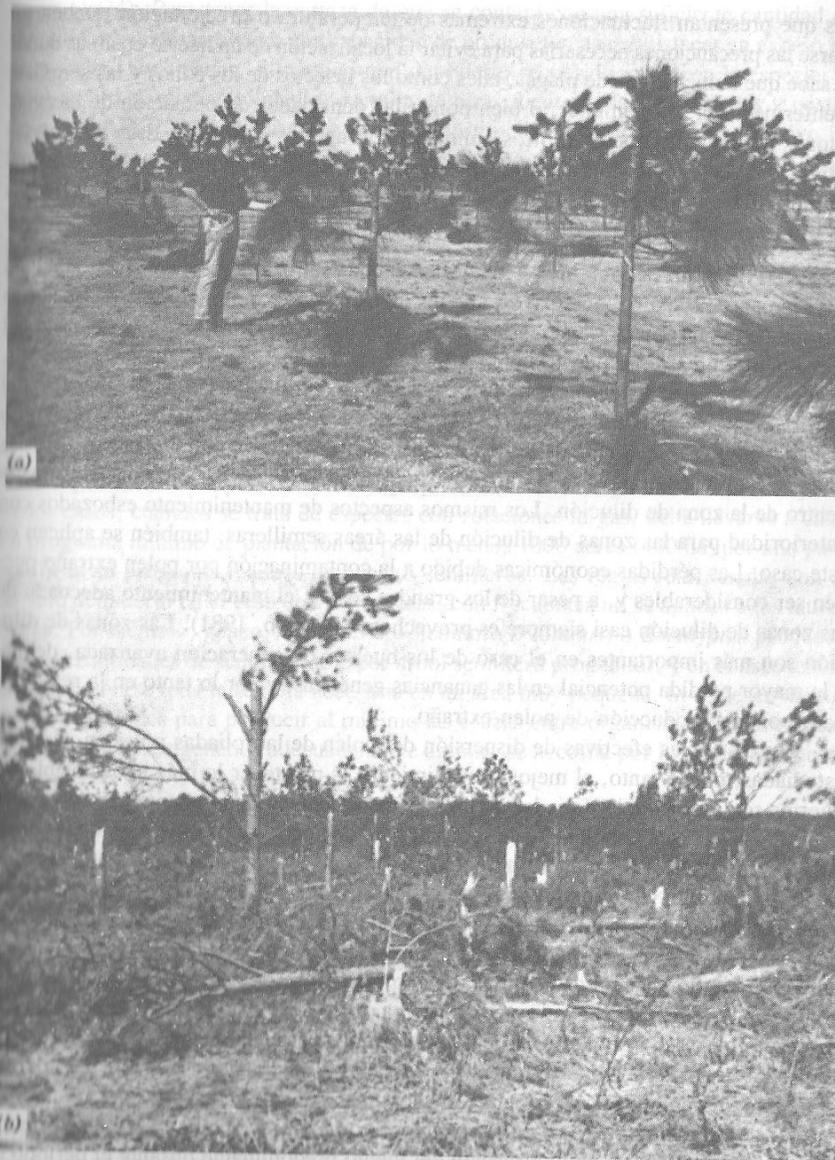


Figura 6.6 Los huertos deben localizarse en sitios donde sufran el menor daño posible causado por factores ambientales. (a) Muestra un huerto semillero que ha sido dañado severamente por una tormenta de hielo. (b) Muestra lo que quedó de un huerto semillero maduro y en plena producción después de los efectos destructivos de un tornado.

nes que presentan fluctuaciones extremas de temperatura o precipitación. Deben tomarse las precauciones necesarias para evitar la localización de un huerto en áreas donde se sabe que la incidencia de plagas, tales como los conos y las semillas, o enfermedades son comunes, o bien donde las densidades de población de ciervos, ratones de campo, conejos u otros animales destructores son altas. Esto incluye las actividades del hombre. Los huertos deben localizarse donde sean mínimos los riesgos de pérdidas debidos a la escasez de vivienda, líneas de fuerza eléctrica u otras actividades de progreso del hombre.

Zonas de dilución del polen. Los huertos deben estar protegidos de la introducción de polen extraño. Aunque la mayoría de los investigadores del mejoramiento genético forestal han determinado la extensión mínima de una zona de dilución, en el caso del pino un mínimo absoluto de 400 pies (122 m) y preferentemente de 500 pies (152 m), se admite que estas distancias son insuficientes para lograr el aislamiento completo del huerto (Wang y colaboradores, 1960; Squillace, 1967; McElwee, 1970). En un huerto con una zona de dilución de este tamaño todavía se encontrará polen extraño; pero los estudios han demostrado que la mayor parte del polen de fuentes extrañas es disipado dentro de la zona de dilución. Los mismos aspectos de mantenimiento esbozados con anterioridad para las zonas de dilución de las áreas semilleras, también se aplican en este caso. Las pérdidas económicas debido a la contaminación por polen extraño pueden ser considerables y, a pesar de los grandes costos, el mantenimiento adecuado de las zonas de dilución casi siempre es provechoso (Sniezko, 1981). Las zonas de dilución son más importantes en el caso de los huertos de generación avanzada, debido a la mayor pérdida potencial en las ganancias genéticas, y por lo tanto en la rentabilidad, por la introducción de polen extraño.

Las distancias efectivas de dispersión del polen de latifoliadas no están aún bien estudiadas; por lo tanto, el mejor procedimiento es mantener lo más lejos posible los huertos semilleros de latifoliadas de las fuentes de polen contaminante. Se desconoce la distancia a la cual el polen puede ser transportado por insectos en el caso de las especies entomófilas, pero sin duda varía ampliamente de acuerdo al insecto y a la especie.

Entre huertos de diferentes regiones fisiográficas y entre huertos de generación avanzada y de generación temprana, siempre deben mantenerse zonas de dilución. Muchas especies, incluso algunas dentro de un mismo género, no necesitan aislarse entre sí debido a que florecen en diferentes épocas o bien no se cruzan. Este es un fenómeno común en los pinos. Dicha información acerca de la capacidad de cruce se necesita con urgencia en el caso de todas las especies importantes, especialmente en el de las polinizadas por insectos. Los huertos deben ser cerrados hasta donde sea posible para permitir la máxima polinización cruzada entre los miembros del huerto y para reducir los efectos de los extremos. Si se utiliza una configuración rectangular, es mejor orientar el eje mayor del huerto en la dirección del viento predominante durante el período de dispersión del polen.

Tamaño del huerto semillero. El tamaño apropiado del huerto está determinado por la cantidad de semilla necesaria; un buen estudio de los métodos para hacer esto, en el caso de los pinos del sur, fue el coloquio sobre huertos semilleros recopilado por

Kraus (1974). Para tener la certeza de que se contará con una suficiente cantidad de semillas, suele desarrollarse una capacidad de producción para satisfacer en exceso las necesidades anticipadas. El tamaño real del huerto requerido varía con la especie, la localización, la disponibilidad de semilla de otras fuentes y las necesidades y costos de semilla. Por ejemplo, la mayoría de las instituciones no consideran operativo un huerto de pinos del sur a menos que tenga un tamaño de cuando menos 5 acres (2 ha). En términos de necesidades de regeneración, si la plantación es el método utilizado, en general no se considera conveniente establecer un complejo de huertos semilleros para pinos del sur (con una edad de rotación de 25 años), cuando el área forestal es menor de 150,000 acres aproximadamente (60,000 ha), o cuando la plantación anual es de 6000 acres (2400 ha). En general, los pequeños terratenientes pueden obtener a muy buen precio semilla mejorada comprándola al gobierno o a otras organizaciones privadas. Debido a que muchos de los costos del huerto semillero no están directamente relacionados con el tamaño de éste, los costos por unidad de semilla producida disminuyen cuando aumenta el tamaño del huerto.

Opuestamente a la regla anterior, suelen establecerse huertos más pequeños para fines especiales como parte de un complejo de huertos más grandes. En la mayoría de los casos, cuando se trata de especies con rotaciones largas, debe llevarse a cabo un programa mínimo de plantación de por lo menos 1000 acres (400 ha) por año para justificar un programa maduro de huertos semilleros. Las reglas relacionadas con el tamaño del huerto en el caso de las coníferas, con frecuencia no se aplican a las latifoliadas. Por ejemplo, géneros como el del sicómoro (*Platanus*) o *Eucalyptus* producen grandes cantidades de semilla viable por árbol semillero progenitor, y en consecuencia puede obtenerse toda la semilla necesaria en un área muy pequeña. Si se desea incluir suficientes clones para producir al mínimo las cruces entre organismos emparentados mediante una base genética adecuadamente amplia, se necesita por lo general un huerto de por lo menos 1 acre (0.4 ha).

La fase más difícil del planeamiento de un huerto semillero es hacer una buena estimación del número de plántulas que pueden obtenerse de un huerto semillero maduro de un determinado tamaño. En el caso de las especies con hábitos de floración desconocidos, el proyectista del huerto debe hacer una "suposición inteligente". El número de conos o frutos, o incluso el número de semillas producidas, no son una buena guía. El único criterio real es *el número de plántulas cultivables que se obtendrán por unidad de área* del huerto semillero. Por ejemplo, Bramlett (1974) desarrolló un sistema para determinar el potencial y eficiencia de la semilla; es decir, cuántas semillas realmente útiles se obtienen con respecto al potencial por cono. Cuando se conoce esta cifra y el número de conos, pueden estimarse con bastante precisión los rendimientos de semilla. Bramlett y colaboradores (1977) han desarrollado métodos para analizar los conos y las semillas. Por tanto, para estimar realmente el tamaño necesario de un huerto semillero, es fundamental saber el número de conos o frutos, el número de semillas viables por unidad de área del huerto y la relación semilla-plántula que se obtendrá en el vivero.

Las prácticas de vivero utilizadas, afectan considerablemente el número de plántulas cultivables que se obtendrán de una determinada área del huerto semillero. Cuan-

do se pretenda calcular el rendimiento de plántulas por unidad de peso de semilla, es esencial tomar en cuenta que las semillas de un huerto semillero fertilizado suelen ser más grandes y más vigorosas, presentan una mejor germinación y con frecuencia es mayor su número por estructura portadora de semilla que las semillas provenientes de rodales silvestres que crecen con deficiencias de nutrientes y sin el control de insectos.

Determinar el tamaño adecuado del huerto es una tarea difícil y el área necesaria puede variar hasta dos o tres veces, dependiendo del manejo que se le dé al huerto semillero. Por ejemplo, los rendimientos de semilla en *Pinus taeda* fueron de más del doble cuando se logró el control de los insectos destructores de la semilla (DeBarr, 1971, 1978). En efecto, la economía de los huertos semilleros puede ser afectada considerablemente por el nivel de producción de semilla y el valor adicional de una cantidad agregada de semilla por unidad de área del huerto semillero (Beers, 1974; Weir, 1975).

Dispersión clonal en los huertos semilleros. Para las especies que son polinizadas por el viento, los huertos deben diseñarse en tal forma que se obtenga un mínimo de parentesco originado por la cruce entre los progenitores y, de esta forma, que los árboles progenitores tengan la oportunidad de cruzarse libremente entre sí. Estos objetivos ideales son fáciles de enunciar pero difíciles de lograr, especialmente en lo que respecta a asegurar un mínimo de autofecundación y cruces emparentadas (Lindgren, 1974). Existen casos de altos niveles de autofecundación en huertos, pero habiendo un espaciamiento adecuado de los rametos de los clones pueden mantenerse a un nivel moderado y aceptable. Como ejemplo, Moran y colaboradores (1980) encontraron un 90% de semilla de polinización libre, basados en estimaciones durante 3 años de un huerto semillero de *Pinus radiata*.

En el caso de huertos vegetativos, el número original de clones que se utilice debe ser suficiente para asegurar una base genética adecuadamente amplia, una vez que ha concluido la depuración del huerto. La mayoría de los huertos semilleros vegetativos de la primera generación se han establecido utilizando de 25 a 40 clones. Si se selecciona correctamente, este número debe ser suficiente para obtener una base genética conveniente para la plantación operativa. Después de haberse practicado los procedimientos de prueba y depuración, este número puede reducirse hasta 20 o menos clones. Para fines de planeación, el procedimiento conservador es suponer que casi la mitad de los clones serán removidos del huerto semillero después de haber realizado las pruebas (figura 6.7). Es fundamental reconocer que la función de producción de semilla para plantación operativa no puede combinarse eficazmente con las funciones de banco clonal o de mejoramiento genético. Se han cometido muchos errores al intentar combinar estas funciones, y se han establecido huertos con 300 a 400 clones, con la suposición de que todos estos clones son necesarios para el programa de mejoramiento genético. Se necesita un gran número de clones en la población base bajo mejoramiento genético, pero las ganancias obtenidas de huertos para producción con demasiados clones, disminuyen considerablemente debido a una baja diferencial de selección.

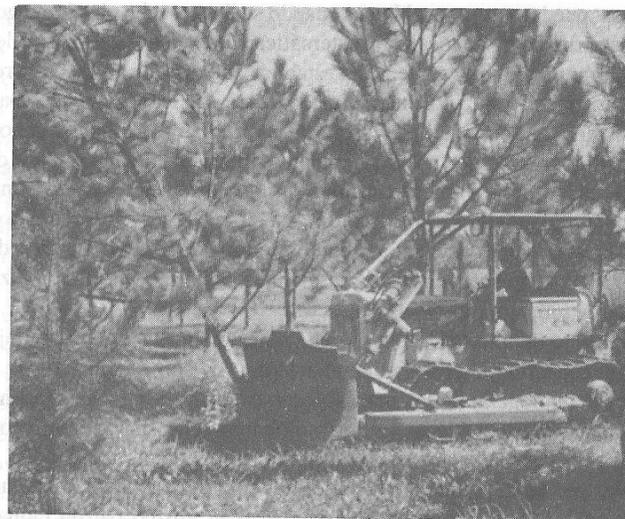


Figura 6.7 Después de que la prueba de progenie ha indicado los progenitores que poseen los genotipos más sobresalientes, los huertos semilleros son depurados del material genético inconveniente. La fotografía muestra un huerto semillero joven en su primer aclareo genético.

Debe entenderse la necesidad de separar los clones de un huerto semillero para evitar los problemas debidos a las cruces emparentadas a la tasa de endogamia (Stern, 1959). Aunque varía ampliamente con la especie, muchos árboles forestales, como *Liriodendron tulipifera*, son bastante autocompatibles. Se sabe que sólo unos pocos, como *Liquidambar styraciflua* y *Platanus occidentalis*, son razonablemente autoincompatibles (Schmitt y Perry, 1964; Taft, 1966; Beland y Jones, 1967). Algunos géneros, como *Eucalyptus*, contienen algunas especies que se autofecundan fácilmente y otras que no lo hacen. En muchas especies de árboles forestales, la autocompatibilidad es la regla; cuando la autofecundación ocurre, la germinación de las semillas disminuye bastante y con frecuencia se produce una pérdida drástica del crecimiento (Barnes, 1964; Diekert, 1964; Sorenson y Miles, 1974; Franklin, 1969). Como consecuencia, la dispersión de los rametos en huertos de especies autocompatibles es un factor bastante crítico para establecer el huerto semillero. La dispersión clonal puede ser particularmente difícil en el caso de algunas latifoliadas (esto se estudiará más adelante en este capítulo).

Se han desarrollado innumerables diseños de huertos semilleros vegetativos, que van desde el tipo de ensayo y error hasta los complicados diseños por computadora. Los diseños sistemáticos para huertos semilleros tienen la ventaja de ser fáciles de establecer, y permiten el fácil movimiento desde el rameto de un clon a otro. Sin embargo, esta

clase de diseños pueden causar problemas cuando se lleva a cabo el aclareo genético, ya que los mejores árboles no se localizan sistemáticamente en el huerto semillero; es decir, no existe garantía alguna de que no se establezcan por azar grupos de progenitores con rendimiento bueno y malo. Cuando esto ocurre, quedan grandes espacios en el huerto después del aclareo genético, y será necesario eliminar algunos genotipos buenos estrictamente para obtener un espaciamiento adecuado. La clave para determinar el número adecuado de individuos deseables en un huerto semillero es contar con un número suficiente de aquéllos para permitir la eliminación de los genotipos indeseables, tener el espaciamiento adecuado, aumentar al máximo la producción de semillas mediante la existencia de suficientes árboles buenos para obtener una polinización adecuada, y asegurar un mínimo de parentesco.

Un buen diseño de huerto semillero debe tener flexibilidad para el mejoramiento de la calidad genética del huerto mediante aclareo, así como para reducir al mínimo los potenciales de endogamia. Deben establecerse bastantes árboles en el huerto para permitir varios aclareos genéticos y al mismo tiempo dejar suficientes árboles para la producción de semilla. Cada clon debe representarse mediante frecuencias aproximadamente iguales por unidad de área. También es importante evitar "vecindarios representativos" o en los cuales se repitan varias veces el mismo patrón clonal. Cuando esto no se hace, pueden localizarse juntos grupos buenos o malos de clones, dificultando llevar a cabo una buena tarea de depuración. Asimismo, cuando se utilizan vecindarios repetitivos, ciertos clones tienden a polinizar a sus vecinos, por lo que no se obtiene la combinación adecuada dentro del huerto.

Los criterios anteriores se utilizaron para desarrollar un diseño aplicable a huertos semilleros de pino "loblolly" de segunda generación en la *North Carolina University-Industry Tree Improvement Cooperative*. Se recomendó empezar con 145 árboles por acre (338 árboles por ha), remover el 35% de los árboles restantes en cada uno de cuatro aclareos genéticos y, por último, depurar del 60 al 70% de los clones y mantener una distancia de 90 pies (28 m) entre los rametos del mismo clon o entre individuos emparentados. Para lograr lo anterior, se recomienda utilizar ni menos de 30 ni más de 40 clones. La depuración, como se sugirió, hace que queden de 10 a 12 clones con una existencia de 36 a 60 árboles por acre (80 a 150 árboles por ha). En realidad, aproximadamente 25 árboles por acre (63 árboles por ha) constituirán quizá al huerto final. Aunque las recomendaciones anteriores son para una especie, el pino "loblolly", éstas dan una identificación de los métodos utilizados en el diseño de un huerto semillero. Es imposible hacer una lista y describir todos los diferentes diseños que se han sugerido para establecer un huerto semillero, pero a continuación se hace una lista de algunos tipos distintos:

1. Goddard (1964) describió algunos proyectos acerca de la distribución genética en un huerto de plántulas después de practicar la selección tanto dentro de una familia como entre familias.
2. Giertych (1965) desarrolló tempranamente un diseño sistemático para huertos.
3. Burrows (1966) desarrolló un modelo teórico de dispersión clonal para obtener las mayores ganancias posibles.

4. Van Buijtenen (1971) describió la teoría y práctica del diseño de huertos para los pinos del sur.
5. Klein (1974) desarrolló un diseño especial para un huerto semillero de plántulas de pino "jack".
6. Gerdes (1959) estudió los posibles métodos de utilizar el abeto "Douglas", una especie que presenta varios problemas, especialmente en lo que respecta a la incompatibilidad del injerto.
7. Hatcher y Weir (1981) discutieron el diseño de generación avanzada utilizado por *North Carolina State-Industry Tree Improvement Cooperative*.

Sin importar qué diseño se elija, debe asegurarse de que se reduzcan al mínimo las cruces emparentadas y debe estimularse la polinización al azar. Un huerto que se establezca incorrectamente o sin esmero, plantea un verdadero problema para el aclareo genético. En vez de mejorar la calidad genética de los árboles del huerto semillero, todo lo que logra el aclareo genético es eliminar los individuos emparentados que están distribuidos muy cerca unos de otros. *Se pierde mucha ganancia genética cuando se utilizan diseños inconvenientes de huertos semilleros, o bien se efectúa el establecimiento en forma desordenada sin adoptar un modelo razonablemente bueno.*

Manejo del huerto semillero. Muchas de las ventajas de un programa de mejoramiento genético forestal se pierden si los huertos semilleros no producen semilla a su máximo potencial. Ciertamente, es benéfico utilizar genotipos genéticamente superiores que estén sincronizados fenológicamente para asegurar la polinización cruzada y utilizar aquellos que sean productores de semilla inherentemente buenos para obtener una máxima producción de semillas. Sin embargo, es igualmente importante conocer los factores ambientales y las prácticas de manejo que fomentan la producción de semilla. Un huerto con deficiencias de nutrientes del suelo, compactación del mismo o que esté sobrepoblado, no producirá semilla a su máximo potencial, sin importar la superioridad inherente del material involucrado.

El manejo del huerto semillero es bastante complejo. Los métodos adecuados varían de acuerdo con la especie, la ubicación del huerto semillero y las condiciones existentes año tras año dentro del mismo huerto. Todo lo que se incluye en esta breve sección es una descripción general de algunos de los temas más importantes. Se han publicado artículos especiales sobre el manejo de huertos de latifoliadas (Churchwell, 1972) y de pinos (Fielding, 1964; Swofford, 1968; van Buijtenen, 1968).

Manejo del suelo. La *textura* del suelo (es decir, la proporción de arena, limo y arcilla) esencialmente no puede cambiarse mediante manipulación y, como resultado, la calidad del suelo es uno de los aspectos más importantes en el establecimiento de un huerto semillero. La textura del suelo influye sobre la capacidad de retención de humedad y de nutrientes, así como en la compactación, erosión y otras características del suelo. La textura del suelo más apropiada varía con la especie, aunque los requerimientos de la mayoría de las especies se asemejan a los del pino "loblolly", en cuyo caso existe evidencia de que los suelos margo arenosos depositados sobre



Figura 6.8 Cuando el suelo está compactado o existen estratos compactos, los injertos del huerto semillero suelen crecer deficientemente, o hasta morir. (a) Cuando se practica el subsileo, las grandes raíces de la superficie son cortadas; por lo que se desarrolla toda una red de raíces nutricias más pequeñas como se muestran en (b), donde el subsileo se había practicado dos años antes.

un subsuelo desmoronable, como la arcilla arenosa, propician la floración (Gallegos, 1978). Sin importar la textura del suelo, el tráfico normal de operación en los huertos semilleros puede cambiar la *estructura* del suelo (es decir, cómo se ordenan la arena, el limo y la arcilla), por lo común en una forma no deseable. Dichas actividades son la causa de la formación de capas compactas (“suelos resistentes”) (la compactación es todavía mayor en las arcillas). Estas capas compactas suelen ser la causa de la disminución general del vigor y de la producción de semillas del huerto y, si no se corrigen, pueden causar la muerte de los árboles debido a problemas de penetración de la raíz, de drenaje y a la excesiva concentración de sales en el área donde las raíces están concentradas. Los síntomas más evidentes de deterioro en el vigor de los árboles del huerto debidos a una capa compactada son: redondeo y adelgazamiento de las copas, coloración y crecimiento deficientes del follaje, aplanamiento o “estriado” del fuste a nivel de la unión de los injertos y la emergencia de las partes superiores de las raíces grandes sobre la superficie del suelo (figura 6.8). Algunos de estos síntomas también son indicadores de incompatibilidad de injerto y pueden interpretarse de manera errónea como tal. La incompatibilidad es fundamentalmente clonal, mientras que el decaimiento ge-



Figura 6.8 (Continuación)

neral debido a problemas por capas compactas afecta por lo general a todos los clones hasta cierto grado. Sin embargo, ambos procesos pueden estar relacionados y los síntomas de incompatibilidad aparecen mucho más rápido bajo condiciones de desequilibrio fisiológico que resultan de la compactación del suelo.

El subsileo en huertos establecidos ayuda a mejorar las condiciones de compactación del suelo y de las capas compactas asociadas (Gregory, 1975; Gregory y Davey, 1977) (figura 6.9). Esta práctica rompe las raíces superficiales, dando como resultado una mayor proliferación de la raíz a mayores profundidades, y disminuye el escurrimiento del agua de la superficie, mejorando de esta manera la humedad del suelo donde crece el huerto semillero. Los estudios recientes muestran que, en algunos casos, el subsileo mejora la floración, así como también el desarrollo y vigor de la planta (Gregory y Davey, 1977). También puede ayudar a prevenir los daños cuasados por enfermedades que se transmiten por injertos de raíz, mediante la rotura de las raíces que le servirían a la enfermedad para extenderse.

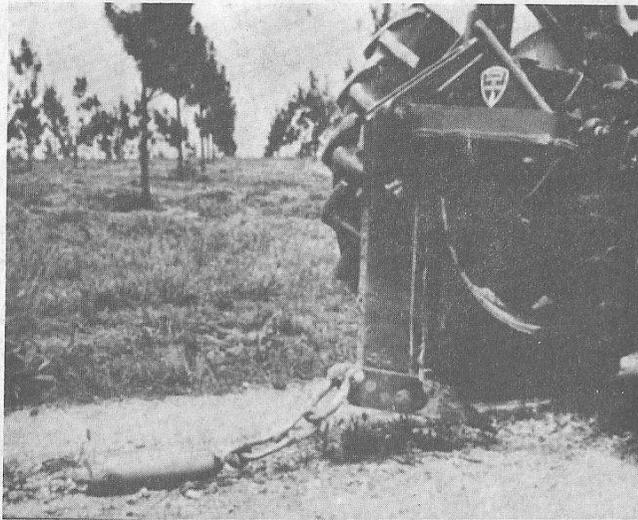


Figura 6.9 Los huertos semilleros deben manejarse intensivamente. Una de las prácticas más comunes es el subsoleo. Los huertos semilleros deben manejarse para lo que fueron desarrollados, para operarse intensivamente.

El procedimiento normal es practicar el subsoleo en dos costados del árbol durante el transcurso de un año. Aproximadamente 2 años después, este proceso se repite en ángulo recto a la dirección original. Es absolutamente necesario que una cuchilla anteceda al subsolador (véase la figura 6.9), de modo que las raíces superficiales sean cortadas y no se desgarran a nivel del cuello de la raíz del árbol. En general, el subsoleo se hace poco antes del inicio de la floración. El subsoleo previo al establecimiento del huerto es *muy recomendable* para todos los huertos nuevos y se considera que es esencial para suelos que originalmente fueron cultivados o pastoreados, los cuales suelen tener problemas de compactación y de formación de capas compactas por el arado. El subsoleo inicial debe hacerse siguiendo un patrón de cuadrícula que corresponda con la ubicación deseada del injerto. Sin embargo, es importante entender que el subsoleo en un huerto semillero establecido debe realizarse sólo cuando sea necesario para mejorar las condiciones perjudiciales del suelo y no debe efectuarse como un tratamiento "universal" en todos los huertos.

Superficie del huerto. Debe prestarse mucha atención a la superficie del huerto semillero. La eficiencia y rapidez de operación aumentan con superficies uniformes bien preparadas. En algunos casos, para cumplir con el requerimiento de una buena superficie para el huerto será necesario rellenar y nivelar el terreno, así como establecer una cubierta de vegetación herbácea o césped antes del establecimiento del huerto

semillero. Sin embargo, es fundamental que se mantengan o restauren las buenas características del suelo en áreas que han sido alteradas.

El suelo del huerto debe protegerse de la erosión por el viento y por el agua, y la materia orgánica del mismo debe mantenerse a niveles adecuados para que se establezcan relaciones apropiadas entre los nutrientes y el agua. Estos objetivos pueden satisfacerse estableciendo y manteniendo una buena cubierta de césped, la cual reduce la compactación del suelo, resultado del tráfico en el huerto. También aumenta considerablemente la accesibilidad durante los períodos de clima riguroso. A veces la cubierta de pasto es inconveniente cuando abundan los ratones de campo; cuando éste sea el caso, debe retirarse el césped de la vecindad inmediata del árbol (aproximadamente 1 m). Aunque los pastos nativos o naturalizados colonizarán finalmente un nuevo huerto semillero, suele ser conveniente sembrar una cubierta de césped para proteger el suelo de la erosión y compactación (Bengston y Goddard, 1966; Schultz y colaboradores, 1975).

La siega frecuente del pasto y de las malas hierbas que crecen en el huerto semillero favorece el mantenimiento del césped y permite utilizar mejor los fertilizantes al reciclar los nutrientes a los árboles. Los pastos y hierbas utilizan rápidamente los fertilizantes durante la etapa temprana de la estación de crecimiento; si no son segados durante la etapa suculenta, el reciclaje de los nutrientes puede retrasarse considerablemente. La siega durante la última parte de la estación de crecimiento se efectúa para controlar la vegetación, disminuir los riesgos de incendios y facilitar la colecta de conos y semillas. El fuego es fatal para los injertos de corteza delgada, y varios huertos semilleros han sido destruidos por sólo un incendio pequeño. La quema incluso bajo condiciones controladas ha causado daños serios en los injertos. Se ha sugerido el pastoreo en el huerto semillero, pero esto nunca debe hacerse debido a la compactación resultante y a los daños que sufren los árboles del huerto.

Fertilización del huerto. Con base en los análisis del suelo o, en algunos casos en los foliares, el mejoramiento del suelo se aplica siempre que sea necesario para mantener el vigor de las plantas y promover la floración. La fertilización, particularmente las aplicaciones de nitrógeno y fósforo, ha promovido el proceso de floración en casi todas las especies en las cuales se ha practicado, especialmente en el caso de varias latifoliadas (Steinbrenner y colaboradores, 1960; Webster, 1971; Jett y Finger, 1973; Greenwood, 1977; Hattemer y colaboradores, 1977).

La acidez o la alcalinidad del suelo (es decir, el pH) es muy importante y tiene un efecto directo sobre muchas reacciones que ocurren en el suelo y en el comportamiento de las raíces de la planta y los organismos del suelo. El pH óptimo varía con la especie; para la mayoría de las coníferas, el rango adecuado es de 5.5 a 6.5. Cuando la acidez cae por debajo de 5.2 o aumenta por arriba de 6.5 en el caso de los pinos, deben practicarse medidas correctivas. Para algunas latifoliadas, el pH deseable es mayor y unas cuantas coníferas pueden tolerar valores bastante menores. En los huertos semilleros, el objetivo es mantener el pH al nivel deseado, no a un nivel que pueda ser tolerado.

Para elevar un pH bajo se utiliza comúnmente cal y un fertilizante formador de ácido, como el sulfato de amonio o el nitrato de amonio, suele utilizarse para reducirlo.

El azufre elemental disminuye también el pH del suelo cuando se oxida a sulfato. El encargado del huerto debe muestrearlo adecuada y representativamente para asegurar la correcta prescripción del fertilizante. No se puede recalcar demasiado que *la información obtenida a través de las pruebas no es mejor que las muestras en la cuales se basa ésta*. Grandes áreas uniformes del huerto, con un tamaño hasta de 5 acres (2 ha), pueden representarse por una muestra compuesta. Sin embargo, deben obtenerse muestras separadas de cualquier área que sea evidentemente distinta de otras como resultado de la topografía, estructura del suelo, humedad o vegetación nativa. Como regla general se analiza el área de 0 a 6 pulgadas (15 cm) de la zona superior pero, además, en el caso de huertos recién establecidos, la zona de 15 a 21 pulgadas (38.1 a 53.2 cm) se estudia en ocasiones en lo que respecta a las propiedades físicas del suelo. La condición del subsuelo donde suelen encontrarse las raíces de fijación del árbol es importante respecto al drenaje, fertilidad y viabilidad de un área. Durante los primeros años del huerto, es recomendable que se tomen anualmente muestras de los nutrientes. Una vez que se hayan estabilizado niveles de nutrientes aparentemente satisfactorios como resultado de aplicaciones repetidas de cal y fertilizante, el muestreo bianual suele ser suficiente.

Las cantidades de cal y fertilizante sugeridas para uso en un huerto semillero basadas en la edad de los árboles, especie, la localización geográfica y el tipo de suelo, y ninguna aplicación individual es adecuada para todos los casos. Sin embargo, como guía general, los siguientes estándares mínimos de fertilización han sido determinados por Davey (1981) para el pino "loblolly":

Calcio	400 lb/acre	(400 kg/ha)
Magnesio	50 lb/acre	(50 kg/ha)
Potasio	80 lb/acre	(80 kg/ha)
Fósforo	40 lb/acre	(40 kg/ha)
pH	5.5	—

El momento oportuno para la aplicación del fertilizante es crítico cuando se desean obtener resultados satisfactorios (Schmidting, 1972). El fertilizante debe aplicarse poco antes de iniciarse la formación de las yemas florales para que se obtenga una floración inmediata y abundante. Los fertilizantes también ayudan a mantener el vigor de los árboles y a que crezcan hasta alcanzar un gran tamaño, dando como resultado un mayor número de yemas reproductoras. En general, los huertos semilleros son fertilizados para obtener un crecimiento y vigor máximos en la etapa juvenil; la aplicación se cambia para favorecer la etapa de floración en una etapa posterior.

Riego. La instalación de un sistema de riego es costosa y la pregunta con frecuencia planteada es: ¿"será provechosa"? Con base únicamente en una mayor producción de semilla, la respuesta parecía al principio incierta; sin embargo, las nuevas pruebas han

hecho que al riego se le preste cada día una mayor atención (véase la figura 6.9). Cuando se combinan el aumento en el éxito de los procesos de establecimiento de los árboles del huerto, la protección contra los incendios, el desarrollo más rápido de los árboles, la mejor cobertura del césped y una mayor producción de semilla, el riego entonces parece ser una buena inversión en el caso de algunas especies (Grigsby, 1966). En un huerto de pino "loblolly", tanto el riego como la fertilización fueron responsables de un incremento aproximado del 30% en la producción de semilla con respecto al área donde únicamente se aplicó fertilizante, y un incremento del 100% en comparación con el área donde no se practicó ninguno de estos procedimientos (Harcharik, 1981). En años de sequía, el riego puede significar la diferencia entre una buena o mala cosecha de semillas (Dewers y Moehring, 1970; Long y colaboradores, 1974; Gregory y colaboradores, 1982).

La experiencia ha demostrado que algunas veces el riego retrasa el desarrollo de la flor y del fruto, así como la maduración del cono, y aumenta la producción de polen; se ha utilizado eficazmente para prevenir el congelamiento de las flores durante períodos críticos. Se ha utilizado también en huertos del abeto "Douglas" para retrasar la receptividad máxima de los estróbilos hasta después de la diseminación máxima del polen en los rodales circundantes (Fasheler y Devitt, 1980).

Al igual que la fertilización, el riego se utiliza en las primeras etapas de los huertos semilleros para mantener un crecimiento y vigor óptimos. Para lograr esto, el riego se utiliza en cualquier etapa durante el año en que el suelo está bastante seco. A medida que los árboles se acercan a la etapa de floración, la aplicación oportuna del riego parece ser un proceso muy crítico. Hay alguna indicación de que los pinos del sur deben sufrir un desequilibrio fisiológico provocado por la falta de humedad durante el período previo al inicio del desarrollo de las estructuras reproductivas (Harcharik, 1981). La regulación real entre dicho desequilibrio y el riego todavía no es clara para la mayoría de las especies.

Si se toma la decisión de instalar un sistema de riego, es importante contar con equipo apropiado para determinar cuándo y en qué cantidad debe aplicarse el riego. En general, se utiliza algún tipo de tensiómetro para este propósito; estos instrumentos son fáciles de instalar, calibrar y leer. Permiten que el encargado del huerto efectúe el riego sin conjeturas y, con ello, ahorran dinero.

Problemas causados por plagas. En cualquier tiempo que se establezcan los huertos semilleros, aparece algún tipo de plaga. Las plagas difieren para cada especie y según el área geográfica, de modo que no vale la pena hacer una lista de ellas y estudiarlas más que en forma muy general. Las plagas de los huertos semilleros pueden dividirse en aquellas que atacan flores, frutos, conos y semillas, las que atacan al follaje, corteza y ramas del árbol, y las que atacan a las raíces. Incluyen insectos, enfermedades, animales, aves e incluso el hombre.

Dado que las plagas suelen atacar a los huertos que tienen de establecidos algunos años, su efecto más importante muchas veces es pasado por alto. Como Bergam (1968) y otros han subrayado vehementemente, las utilidades económicas del mejoramiento genético forestal están estrechamente relacionadas con la cantidad de semilla produci-