



Recolección, Procesamiento y Almacenamiento de Semillas

Tara Luna y Kim M. Wilkinson

8

Los viveros que trabajan para fortalecer y expandir la presencia de especies tropicales nativas están preocupados por fomentar poblaciones diversas, fuertes y bien adaptadas. Sin embargo, se ha agotado la diversidad natural de la vida silvestre para muchas plantas tropicales. La pérdida de hábitats ha reducido el rango y la gran cantidad de plantas. Respecto a las plantas con valor comercial, las prácticas de cosecha no sostenibles pueden haber reducido la cantidad de plantas con características deseables dejando plantas inferiores. El proceso de debilitar una población de las mejores propiedades genéticas para que las poblaciones futuras sean más débiles que las poblaciones originales se conoce como degradación genética. La recolección de semillas para la propagación de plantas es una oportunidad para revertir las tendencias de degradación genética y pérdida de especies. Los viveros cumplen un papel clave en la conservación del patrimonio genético de las plantas nativas. Este capítulo cubre algunos principios importantes para la diversidad genética y la selección de fuentes de semillas; asimismo, también incluye procedimientos prácticos para la recolección, el procesamiento y el almacenamiento de semillas.

Página opuesta: Las semillas se extraen del fruto y se limpian en cribas en un lugar bajo sombra al aire libre en el vivero de Reserva Natural, Cañón de San Cristóbal, Barranquitas, Puerto Rico. Foto de Brian F. Daley.

Comprensión de la Diversidad Genética y la Ética en la Recolección de Semillas

Antes de crear una estrategia para la recolección de semillas de plantas nativas, es importante entender algunos puntos clave con respecto a la genética y la ética en la recolección. Las estrategias de recolección de semillas deben proteger la diversidad genética para el futuro, tanto en los lugares de recolección como en los lugares donde se plantará la descendencia. En los sitios de trasplante en exterior, las buenas prácticas de recolección de semillas garantizan que la endogamia no se convierta en un problema (Withrow-Robinson y Johnson 2006) y que las poblaciones de plantas serán genéticamente viables para sobrevivir y adaptarse a nuevas tensiones. Para los proyectos de restauración y conservación, el mantenimiento de la diversidad genética es una parte fundamental de los objetivos del proyecto y de los requisitos de las plantas objetivo (ver el Capítulo 3, Definición de la Planta Objetivo).

Recolección de Semillas Nativas Adaptadas Localmente

Es fundamental identificar los lugares adecuados para la recolección de semillas. En la medida de lo posible, se debe recolectar semillas de un hábitat con altitud, aspecto y suelos similares a los del sitio de trasplante en exterior para garantizar la adaptación genética local. En algunas partes del mundo, los genetistas de plantas han definido “zonas de semillas” para las especies nativas con el objeto de mostrar a los operadores dónde se pueden encontrar fuentes de semillas adaptadas localmente para diferentes emplazamientos de proyectos de restauración. No obstante, es raro encontrar estas recomendaciones para las especies tropicales nativas, por lo que los recolectores solo tienen que hacer lo mejor posible con lo que tienen. Trabajar con fuentes de plantas adaptadas localmente es importante no solo para la supervivencia y la salud de las plantas, sino también para las aves, insectos y animales nativos que dependen de las plantas (figura 8.1).

Además, es importante asegurarse de que la población de la que planea recolectar semillas es de origen silvestre, no plantada por personas (BLM/SOS 2011). Por ejemplo, no se debe recolectar semillas de especies nativas que fueron plantadas como árboles de la calle, en paisajismo o como parte de una plantación de restauración después de una perturbación, porque la diversidad genética y el origen son inciertos. (Esta pauta no se aplica a las especies culturales y tradicionales no nativas; aunque la diversidad sigue siendo importante, estas plantas pueden ser cultivares seleccionados). Más adelante en este mismo capítulo se dan más detalles sobre la elección del lugar de recolección de semillas.

Utilización de Métodos de Recolección que Aseguren la Diversidad Genética

Debido a que las estrategias reproductivas varían según la especie, no existe un procedimiento de recolección estándar que garantice la integridad genética de todas las especies. El programa de recolección de semillas Seeds of Success (Semillas del Éxito, parte del Programa de Desarrollo de Materiales de Plantas Nativas, dirigido por la Oficina de Administración de Tierras de los Estados Unidos) ha desarrollado un protocolo general útil que utilizan muchas agencias federales y socios para las



Figura 8.1—Para maximizar la diversidad genética, observar la floración a lo largo de la temporada para que las floraciones tempranas, medias y tardías estén representadas. Diferentes tiempos de floración y dispersión pueden interactuar con diferentes polinizadores. Foto de Brian F. Daley.

¿Por qué Recolectar Semillas de más de 50 Plantas Individuales?

(adaptado de BLM/SOS 2011)

Las investigaciones demuestran que la recolección de semillas de más de 50 individuos resulta en una mayor proporción de alelos (códigos genéticos que especifican ciertos rasgos) presentes en la población de campo, sin dejar de ser práctico. Algunos estudios muestran que al menos una copia del 95% de los alelos que ocurren en la población con frecuencias mayores que 0.05 se puede lograr mediante un muestreo de:

1. 30 individuos escogidos aleatoriamente en una especie sexual completamente exógama, o
2. 59 individuos escogidos aleatoriamente en una especie autofértil.

No se ha estudiado la biología reproductiva de varias especies tropicales y para capturar alelos más raros se necesitaría incrementar el tamaño de muestra. Por lo tanto, se aconseja a los recolectores que tomen muestras de una sola población con individuos de la especie objetivo que superen los 50 individuos y que busquen poblaciones con mayor cantidad de plantas.

Cuadro 8.1—Técnicas de recolección de semillas para salvaguardar la diversidad genética de especies nativas. Adaptado de USDI BLM/SOS (2011).

Método de recolección de semillas	Fundamento
Evaluar la población objetivo y confirmar que una cantidad suficiente de plantas individuales (más de 50) tienen semillas en la fase de dispersión natural.	Garantizar que se pueda muestrear una diversidad genética adecuada de la población y que las semillas tengan la máxima viabilidad y longevidad posible.
Controlar la maduración de las semillas y evaluar el daño causado por los insectos y las semillas vacías en toda la población antes de realizar la recolección de semillas. Examinar cuidadosamente una muestra pequeña y representativa de las semillas utilizando una prueba de corte y, en el caso de semillas más pequeñas, una lente.	Calcular la frecuencia de semillas vacías o dañadas y confirmar que la mayoría de las semillas están maduras y completamente formadas. (El desarrollo de las semillas puede variar dentro y entre poblaciones de la misma especie).
Recolectar semillas de más de 50 individuos.	Maximizar la diversidad genética presente dentro de una colección de semillas. Reunir la mayor proporción posible de alelos (códigos genéticos que especifican ciertos rasgos) presentes en la población de campo.
Recolectar de individuos distantes para reducir la posibilidad de recolectar solo parientes cercanos. Recolectar de manera equitativa y aleatoria en toda la población, manteniendo un registro de la cantidad de individuos muestreados.	Capturar la mayor diversidad genética posible de la población de plantas y evitar que solo se propaguen unos pocos genotipos.
En el caso de los árboles, recolectar las semillas o los frutos por igual en todas las partes de la copa: arriba, a los lados y abajo. Recolectar de árboles individuales a una distancia de por lo menos 150 pies (50 m) entre sí (Dawson y Were 1997).	Garantizar la diversidad genética de las semillas de árboles, ya que estas partes del árbol pueden haber sido polinizadas en diferentes momentos por diferentes polinizadores. La recomendación sobre la distancia es para evitar la recolección de individuos estrechamente relacionados (Dawson y Were 1997).
Regresar al sitio para recolectar semillas de una población durante toda su temporada de dispersión. Las colecciones tomadas de la misma población durante una sola temporada de recolección pueden combinarse en una sola colección; no mezclar colecciones entre lugares o años. Anotar las múltiples fechas de recolección en la etiqueta de las semillas.	Maximizar la diversidad genética en la colección, capturando las floraciones tempranas, medias y tardías. (Estos tiempos de dispersión diferentes también pueden interactuar con polinizadores diferentes).
Recolectar no más del 20% de las semillas viables disponibles en el momento de la recolección.	Garantizar que la población muestreada no sea recolectada en exceso y sea mantenible, de modo que las semillas necesarias para la dispersión natural o para la fauna local sigan estando disponibles.
Etiquetar claramente todas las bolsas (por dentro y por fuera) con las especies, la fecha de recolección, el lugar de recolección y el nombre del recolector.	Garantizar que cada colección esté debidamente identificada para que las semillas puedan utilizarse adecuadamente en los esfuerzos de restauración.

recoleciones de bancos de semillas. En el cuadro 8.1 se resumen las principales prácticas de recolección de semillas para asegurar la diversidad genética.

Comunicación Sobre la Recolección de Semillas

Al planificar una estrategia de recolección de semillas, será necesario llevar a cabo algunas de las siguientes comunicaciones:

- En todos los casos, asegurarse de obtener el permiso del propietario del terreno para recoger las semillas.
- Antes de la recolección, se debe estar absolutamente seguro de la identificación de la especie. En caso de duda, recolectar un espécimen y obtener ayuda para realizar una identificación positiva.
- Si se encuentra a otros recolectores de semillas usando el lugar, cooperar con ellos para compartir el trabajo

de recolección y garantizar que se sigan las prácticas de conservación genética descritas en este capítulo.

- Tener mucho cuidado al etiquetar las fuentes de las semillas y asegurar que usted, y las personas que trabajan con usted, no mezclen accidentalmente las semillas con las de otra área de recolección de plantas. La depresión por exogamia resultante de la mezcla de genotipos puede potencialmente perjudicar a la población, provocando la reducción de la aptitud y la variación adaptativa.
- Para la propagación de plantas raras, ponerse en contacto con la organización correspondiente en su área para obtener un permiso de recolección por adelantado. Estos programas tienen jurisdicción sobre las especies raras y son responsables de supervisar y proteger las poblaciones de plantas raras. Las pautas dadas en este capítulo no se aplican a las especies amenazadas y en peligro de extinción; consultar con la organización correspondiente para más información sobre las pautas correctas para cada especie en esa categoría.

Protección del Sitio de Recolección de las Semillas

Es necesario planificar las estrategias de recolección para minimizar los efectos negativos en el sitio. Los recolectores deben seguir los siguientes pasos:

- Evitar la alteración del suelo y el daño a las plantas durante la recolección de las semillas.
- Asegurarse de no recolectar en exceso las semillas, dejando muy pocas para la regeneración natural y las necesidades de la vida silvestre.
- Evitar la recolección en áreas infestadas por malezas y no transportar malezas a hábitats intactos y localidades de plantas raras.
- De ser posible, dejar que los sitios de recolección descansen durante al menos dos temporadas de crecimiento entre las recolecciones. Tener en cuenta que pueden ser necesarios periodos de descanso más largos para algunas especies y lugares.

Comprensión de las Flores y las Semillas

Los trópicos albergan el mayor grado de diversidad de especies en el mundo. Se estima que más de 50,000 especies de árboles leñosos y arbustos se encuentran en esta región. Esta diversidad se manifiesta también en una amplia variedad de flores y frutos. Los recolectores y los cultivadores de semillas deben poder distinguir entre los frutos y las semillas de las especies que están recolectando para garantizar la recolección de la estructura correcta en la fase correcta de desarrollo.

Las plantas se clasifican según si producen esporas o semillas. Las plantas que producen esporas, como los helechos, producen grupos de esporas en el envés de las hojas que pueden o no estar revestidas con una cubierta parecida al papel. Las esporas pueden recolectarse como semillas justo antes de que se dispersen, pero requieren condiciones de cultivo especiales para desarrollarse como plantas. Las plantas que producen semillas se clasifican en dos grupos según sus tipos de flores: gimnospermas y angiospermas.

Gimnospermas

Las gimnospermas no tienen flores verdaderas y se consideran más primitivas que las angiospermas. En cambio, las gimnospermas producen conos masculinos y femeninos en el mismo árbol. Los conos masculinos por lo general se desarrollan en las puntas de las ramas y se desprenden después de la expulsión del polen. Los conos femeninos se agrandan y se hacen más visibles después de la polinización y la fertilización, y las semillas se llevan desnudas en las escamas maduras. Los conos de las gimnospermas pueden ser dehiscentes, indehiscentes o carnosos. Los conos carnosos (como *Cycas*) o rodeados por un arilo carnoso (como *Torreya*) se parecen a las bayas y se manipulan y procesan de la misma manera (figura 8.2A). Los conos dehiscentes tienen escamas que se abren en la madurez para liberar las semillas (figura 8.2B), mientras que los conos indehiscentes dependen de los animales para abrirlos y dispersar las semillas. Tanto en los conos dehiscentes como en los indehiscentes, las semillas son usualmente aladas (figura 8.2C). Los conos carnosos se parecen a las bayas y sus semillas carecen de alas. Las semillas de gimnosperma están compuestas por el embrión, el tejido nutritivo y el tegumento de la semilla (8.2D).

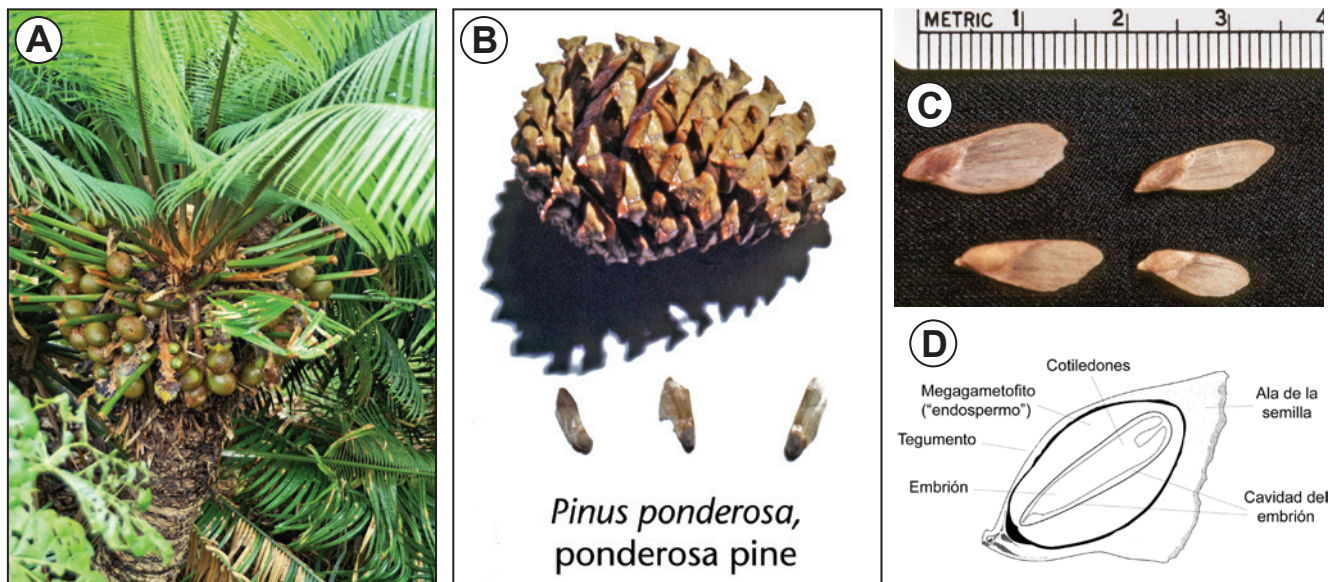


Figura 8.2—Los conos de las gimnospermas pueden ser carnosos o leñosos en la madurez, como se observa en *Cycas* (A) y *Pinus* (B) que liberan semillas aladas (B, C). Las semillas de gimnosperma están compuestas por el embrión, el tejido nutritivo y el tegumento de la semilla (D). Foto A, B y C de Thomas D. Landis e ilustración D de Dumroese y otros (1998).

Angiosperms

Las angiospermas tienen flores verdaderas y las semillas están contenidas en un ovario que se desarrolla y rodea a las semillas después de la fertilización. El polen se transfiere de las anteras (estructura reproductiva masculina) hacia el estigma que corona el pistilo (estructura reproductiva femenina). Después de la polinización y la fertilización, el ovario se agranda y se convierte en un fruto que contiene de una a varias semillas. El fruto protege las semillas, les proporciona nutrición durante su desarrollo y ayuda a la dispersión de las semillas maduras. La semilla es un óvulo maduro que consta del tegumento, el tejido nutritivo (endospermo) y el embrión (figura 8.3). El tamaño del embrión varía bastante entre las especies.

La mayoría de las angiospermas tienen flores perfectas (bisexuales), lo que significa que contienen las estructuras reproductivas masculinas y femeninas en la misma flor (figura 8.4A). Las flores perfectas pueden ser vistosas o muy pequeñas y discretas. Algunas especies como *Swietenia* y *Ricinus* tienen flores imperfectas, lo que significa que las flores masculinas y femeninas están separadas en conjuntos de flores de un solo

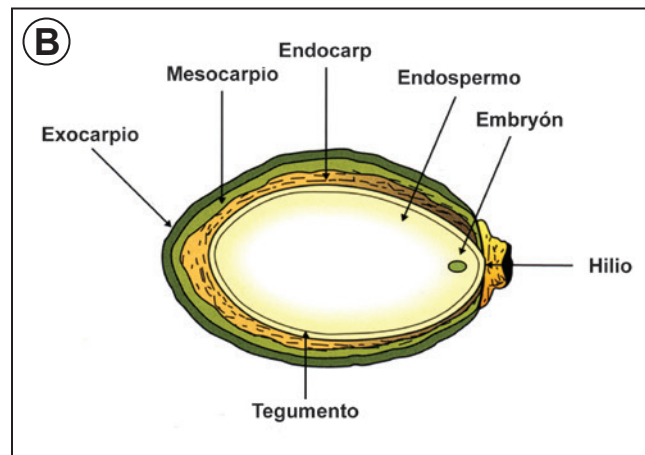
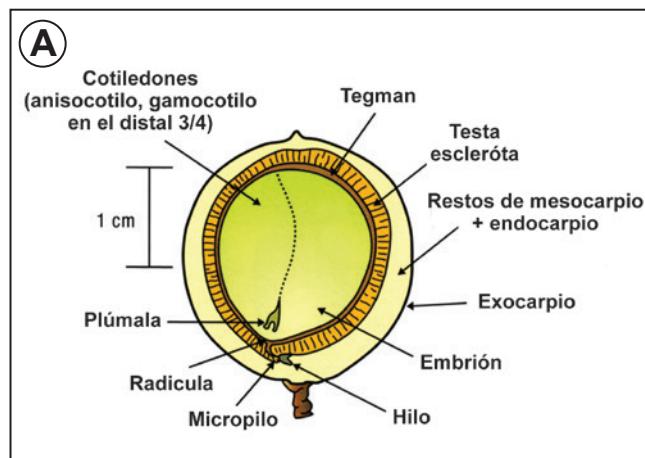


Figura 8.3—Los frutos y las semillas de angiosperma varían bastante entre las especies; *Calophyllum* (A) y *Miquartia* (B). En algunas especies, el embrión no es visible a simple vista. Ilustraciones de Vozzo (2002).

sexo en la misma planta (figuras 8.4B, 8.4C). Algunas especies son dioicas, como *Dodonaea*, lo que significa que las plantas individuales son o masculinas o femeninas (figuras 8.4D, 8.4E). Por lo tanto, a menudo solo las plantas femeninas darán frutos y semillas (figura 8.4F).

Debido a la gran variedad de tipos de flores, los frutos resultantes también varían enormemente. Los frutos dehiscentes son aquellos que son leñosos o parecen papel y se abren en la madurez. Algunos ejemplos incluyen cápsulas (figuras 8.5A, 8.5B), algunas legumbres o vainas (figura 8.5C) y los folículos (figura 8.5D). Los frutos indehiscentes secos son aquellos en los que tanto el fruto como la semilla forman una parte integrada de la unidad de dispersión y no se abren en la madurez. Las cáscaras finas que rodean las semillas de estas especies se fusionan con la capa exterior del fruto y se dispersan como unidades individuales que parecen semillas y a menudo tienen apéndices alados. Ejemplos de frutos indehiscentes secos incluyen los aquenios (figura 8.6A), los esquizocarpos (figura 8.6B), las nueces (figura 8.6C) y las sámaras (figura 8.6D). Algunas vainas y cápsulas no se abren en la madurez y se manejan básicamente como frutos indehiscentes (figura 8.6E). Los frutos carnosos son aquellos en los que el tejido del ovario es claramente diferente. El pericarpio es la parte de un fruto formada por la maduración de la pared del ovario. Este se organiza en tres capas: la piel (exocarpio), la capa del medio usualmente carnosa (mesocarpio) y la capa interna membranosa o pétrea (endocarpio). Estas capas pueden volverse parecidas a la piel y ponerse coriáceas, carnosas o fibrosas durante el desarrollo. Los frutos carnosos como las bayas, las drupas y los pomos son indehiscentes. Las bayas contienen un pericarpio carnoso con muchas semillas (figura 8.7A), mientras que las drupas tienen un endocarpio pétreo duro (conocido como piedra o hueso) que encierra solo una semilla (figura 8.7B). Asimismo, algunos frutos se conocen como frutos agregados, como se observa en los *Ficus*, *Annona* y *Morinda*, los cuales crecen en un conjunto de múltiples frutos desarrollados a partir de una única flor y llevando una semilla cada uno (figura 8.7C).

Longevidad de las Semillas

En cuanto a la longevidad, por lo general, las semillas se pueden clasificar en cuatro grupos: vivíparas, recalcitrantes, intermedias y ortodoxas. Las semillas vivíparas son las que germinan antes de ser dispersadas por la planta. Los ejemplos más comunes son algunas especies de manglares como *Avicennia* y *Rhizophora* (figura 8.8A) y algunas legumbres tropicales (figura 8.8B).

Las semillas recalcitrantes solo conservan su viabilidad durante unos cuantos días, semanas o meses. La mayoría de las especies de árboles de los trópicos húmedos, donde las precipitaciones se distribuyen de forma relativamente uniforme durante todo el año, tienen semillas recalcitrantes (Vozzo 2002). En

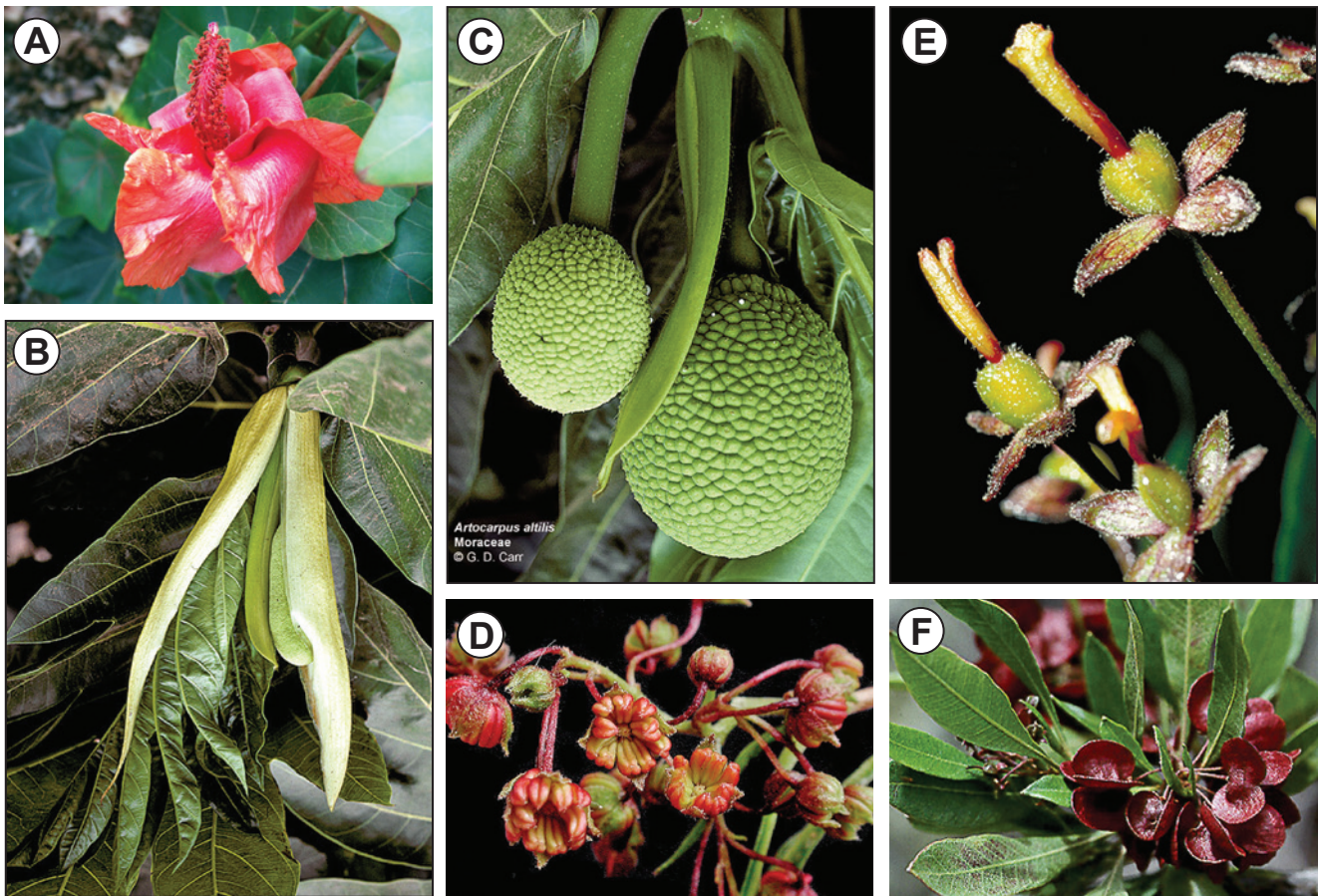


Figura 8.4—Ejemplos de flores: flor bisexual perfecta de *Kokia* de Hawái (*Kokia drynarioides*) (A). Las flores imperfectas masculinas (B) y femeninas (C) pueden ocurrir en la misma planta monoica, como en la especie *Artocarpus*; flores dioicas imperfectas desarrolladas en plantas separadas de *Dodonaea viscosa*: flores masculinas (D), flores femeninas (E), cápsulas de semillas maduras en una planta femenina (F). Foto A de Tara Luna, fotos B, C, D y E de Gerald D. Carr y foto F de C.H. Lamoureux, cortesía de Gerald D. Carr.

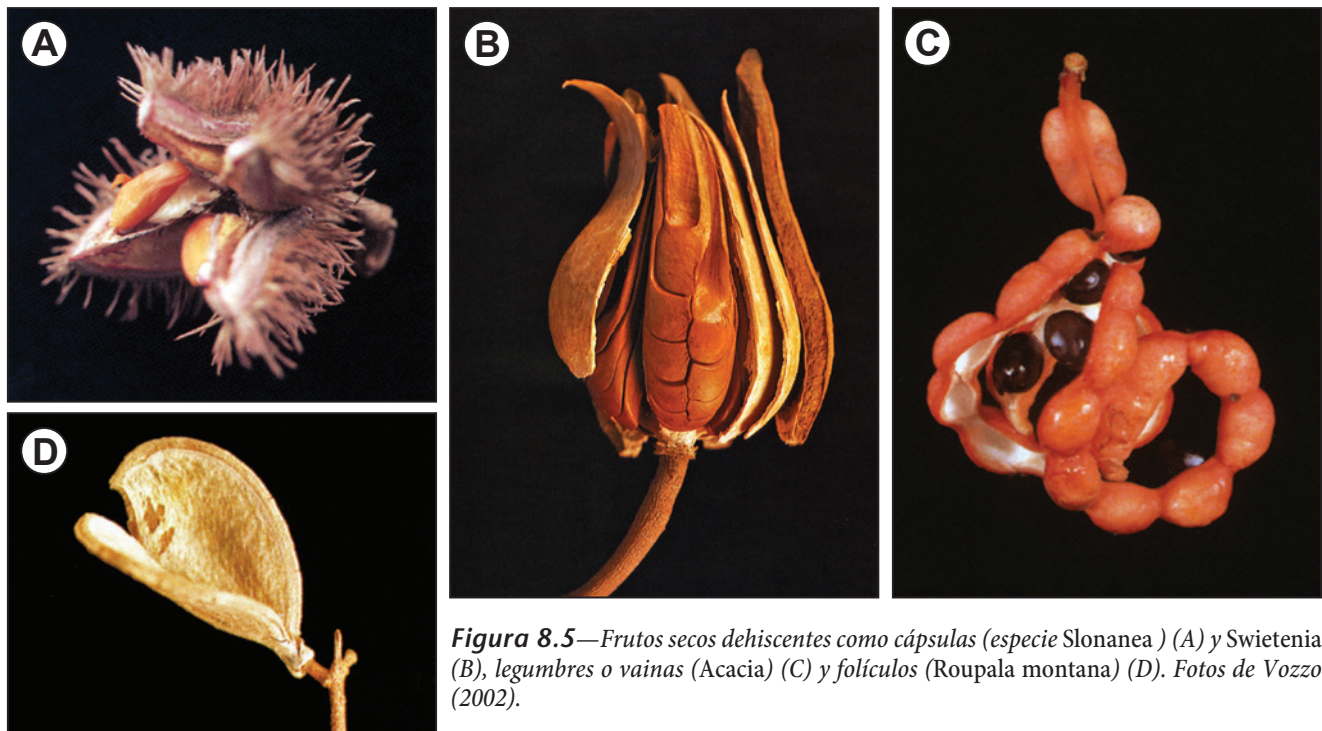


Figura 8.5—Frutos secos dehiscentes como cápsulas (especie *Slonanea*) (A) y *Swietenia* (B), legumbres o vainas (*Acacia*) (C) y folículos (*Roupala montana*) (D). Fotos de Vozzo (2002).

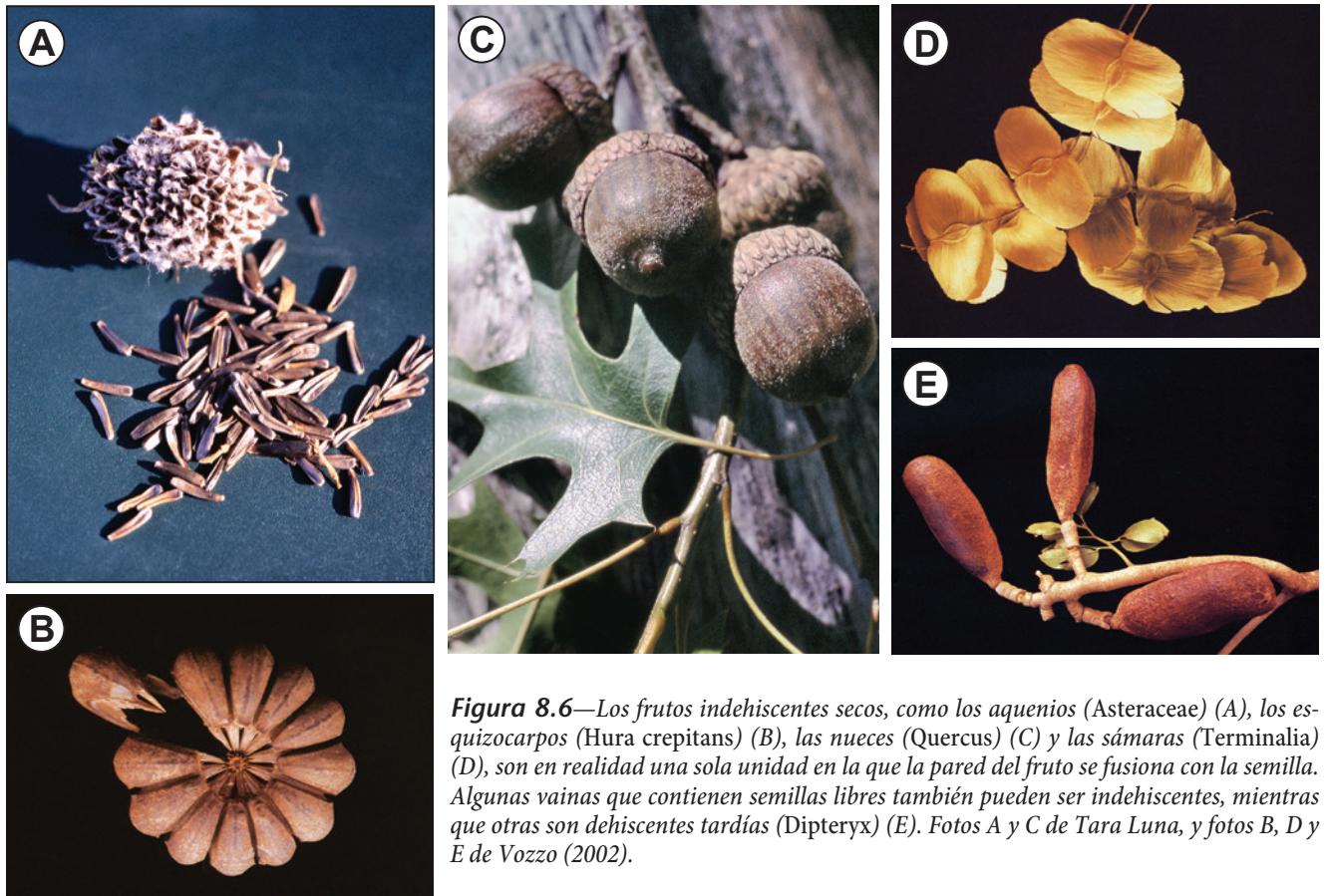
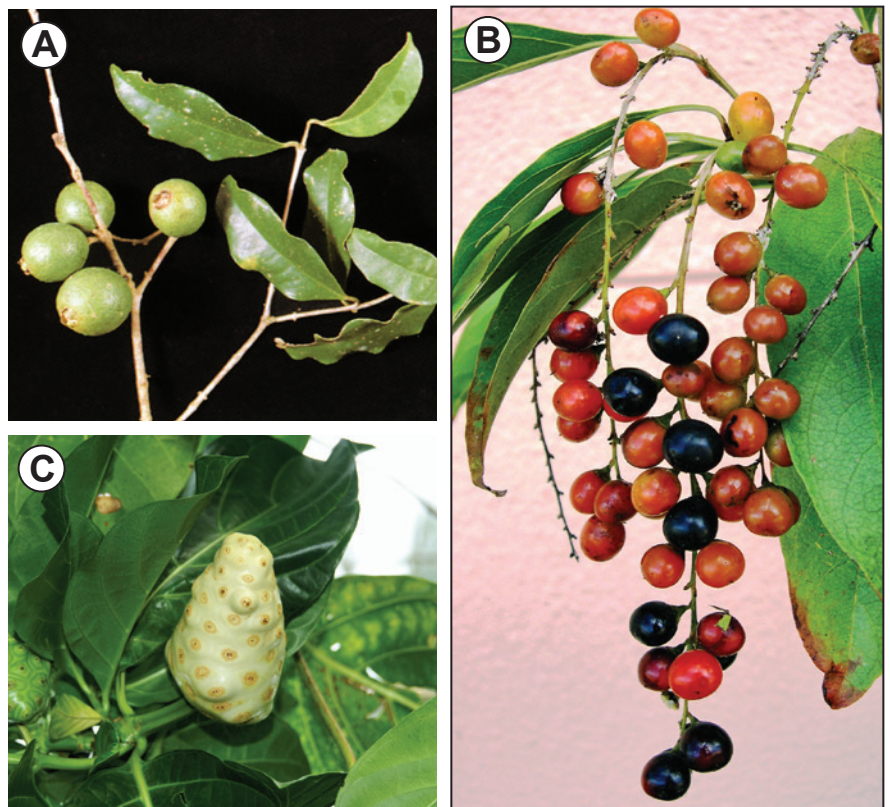


Figura 8.6—Los frutos indehiscentes secos, como los aquenios (Asteraceae) (A), los esquizocarpos (*Hura crepitans*) (B), las nueces (*Quercus*) (C) y las sámaras (*Terminalia*) (D), son en realidad una sola unidad en la que la pared del fruto se fusiona con la semilla. Algunas vainas que contienen semillas libres también pueden ser indehiscentes, mientras que otras son dehiscentes tardías (*Dipteryx*) (E). Fotos A y C de Tara Luna, y fotos B, D y E de Vozzo (2002).

Figura 8.7—Las bayas contienen numerosas semillas por fruto (A) (especie *Myrica*), mientras que las drupas por lo general contienen una semilla rodeada por un hueso pétreo (B) (*Citharexylum spinosum*). El noni (*Morinda citrifolia*) es un ejemplo de un fruto agregado (C). Foto A de Vozzo (2002), foto B de Brian F. Daley y foto C de Thomas



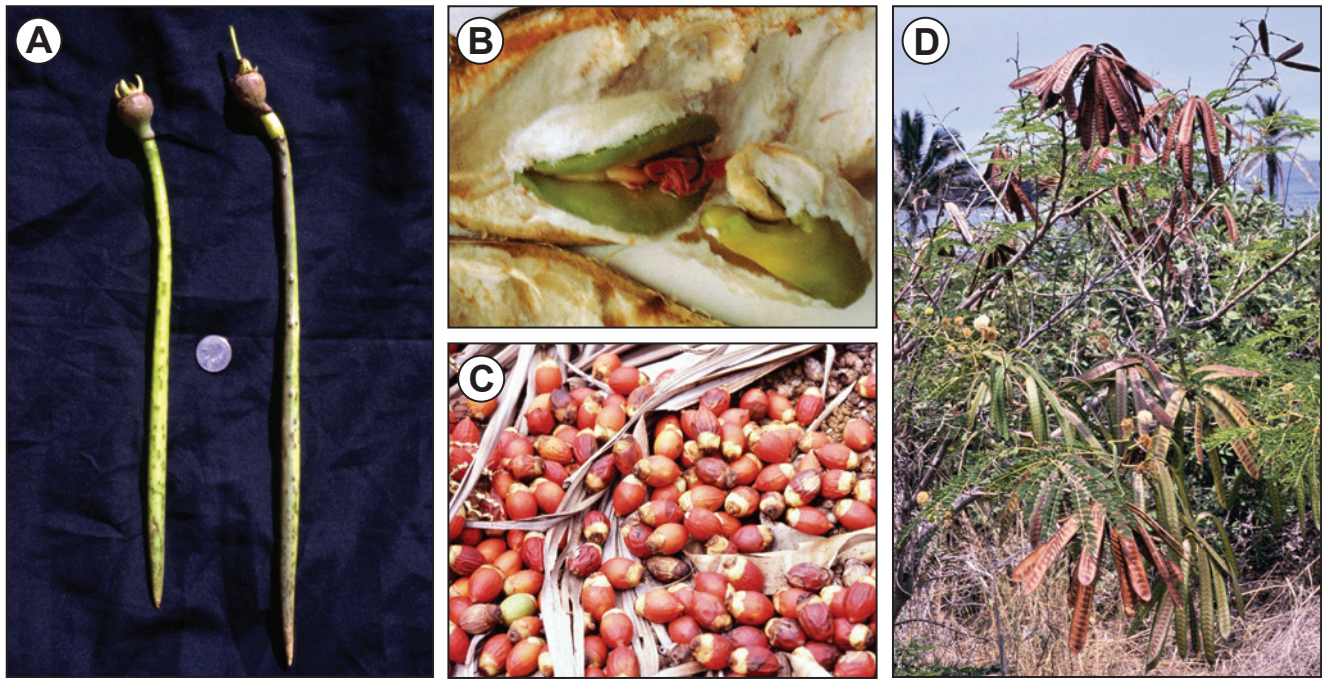


Figura 8.8—Las semillas vivíparas germinan y se convierten en un propágulo antes de dispersarse, como se observa en algunos manglares (A), o mientras aún están encerradas en el fruto en algunas legumbres tropicales (B). Las semillas recalcitrantes, como las palmeras (C), deben ser recolectadas antes de que germinen o pierdan su viabilidad. Las semillas ortodoxas, como las de la especie *Leucaena* (D), suelen tener tegumentos duros. Foto A de Thomas D. Landis, foto B de Vozzo (2002) y fotos C y D de Tara Luna.

general, las especies de semillas grandes que caen húmedas de plantas perennes en hábitats húmedos son probablemente recalcitrantes (Hong y Ellis 1996) (figura 8.8C). Usualmente, se siembran las especies recalcitrantes en el vivero inmediatamente después de su recolección.

Las semillas intermedias son aquellas que pueden soportar cierto grado de desecación y almacenamiento a bajas temperaturas, pero no toleran el congelamiento. Se ha almacenado a la papaya con éxito en condiciones de 50% de humedad relativa con semillas secadas al 10% de contenido de humedad por 6 años sin que se vea afectada su viabilidad (Vozzo 2002). Otras especies que han demostrado un comportamiento de almacenamiento intermedio incluyen la margosa, la canela, los cítricos y el café.

Las semillas ortodoxas se almacenan fácilmente durante largos periodos de tiempo porque toleran la desecación. Las especies tropicales que habitan en áreas de ciclos estacionales húmedos-secos pronunciados o en ambientes semiáridos a lo largo de la costa suelen tener semillas ortodoxas (figura 8.8D). En general, es más probable que los frutos dehiscentes secos con tegumentos secos y duros y semillas pequeñas sean ortodoxos.

Recolección de Semillas

La recolección efectiva de semillas nativas implica una serie de pasos para garantizar que se recolecten semillas de calidad en la fase correcta. La recolección adecuada de semillas requiere las siguientes prácticas:

- Localizar las poblaciones de las especies deseadas antes o durante la floración.
- Investigar la viabilidad de las semillas después de su dispersión o maduración especie por especie.
- Monitorear los sitios potenciales directamente después de la floración cuando los frutos se hacen visibles.
- Registrar las fechas de formación de flores, frutas y conos. Los conos suelen ser un cultivo de 2 años, por lo que se puede evaluar el cultivo de conos el año anterior a la recolección.
- Observar cuidadosamente los patrones climáticos durante la polinización, la formación de frutos y la maduración.
- Visitar el sitio frecuentemente para supervisar el desarrollo y la calidad de la cosecha de semillas.
- Utilizar las fechas de recolección de años anteriores para predecir las fechas de recolección objetivo y otra información.
- Utilizar una prueba de corte de algunas semillas de muestra para determinar la madurez antes de la recolección.
- Recolectar las semillas durante un clima seco, de ser posible.

Selección de Fuentes de Semillas Genéticamente Diversas Adaptadas Localmente

En la discusión sobre genética al principio de este capítulo se detalló los elementos esenciales de la recolección de semillas para asegurar la adaptabilidad local y la diversidad genética. Estos elementos incluyen la recolección de un mínimo de 50 individuos; la recolección de individuos distantes para reducir el riesgo de recolectar solamente parientes cercanos; la recolección de forma equitativa y aleatoria en toda la población y la recolección durante toda la temporada de dispersión de las semillas (BLM/SOS 2011) (figuras 8.9A, 8.9B). La elección de un sitio de recolección de semillas es crucial para garantizar que se planten materiales localmente adaptados y genéticamente apropiados. Dentro de cada especie existen variaciones genéticas. Las poblaciones locales de plantas nativas se han adaptado al clima local, los suelos, la altitud, las precipitaciones, el estrés ambiental como el viento o la sequía, y otras condiciones del sitio. Los materiales locales de plantas nativas, recolectados de los mismos hábitats o hábitats similares que el sitio del trasplante en exterior, han demostrado tener un mejor desempeño que las fuentes no locales. Dado que no se han definido zonas de semillas para la mayoría

de las especies tropicales nativas, los recolectores de semillas deben decidir caso por caso lo que tiene sentido, teniendo en cuenta el clima, el tipo de suelo, la altitud y otras condiciones del sitio (Wirrow-Robinson y Johnson 2006). Los recolectores deben recoger semillas de plantas con bastante vigor y salud. La recolección de semillas, y la propagación, de fuentes de plantas adaptadas localmente mejora no solo la supervivencia y el crecimiento de las plantas en el sitio del trasplante en exterior, sino que también es importante para la supervivencia de la fauna nativa, desde los insectos hasta las aves, que dependen de estas plantas.

Selección de las Características Deseadas

Los viveros tropicales recogen semillas para diversos clientes y proyectos. Las plantas cultivadas en el vivero pueden plantarse por muchas razones: usos tradicionales, plantaciones ornamentales, agroforestería, restauración de hábitats, silvicultura o una combinación de estos usos. Las plantas de una misma población pueden variar drásticamente en sus características, como son las cualidades, las propiedades y la productividad de sus frutos, madera o productos medicinales. Para algunos proyectos, los recolectores de semillas pueden



Figura 8.9—As buenas prácticas de recolección de semillas de árboles para maximizar la diversidad genética incluyen la recolección de individuos separados por lo menos 150 pies (50 m) entre sí, la recolección a lo largo de la temporada de dispersión de semillas y la recolección en toda la cubierta vegetal. Las herramientas como podadoras de largo alcance, escaleras (A) e incluso montacargas (B) son útiles para ayudar a acceder a la diversidad deseada. Además de proteger la diversidad genética, la recolección de semillas puede implicar la selección de ciertos rasgos deseables, como el “koa para canoas”: arboles grandes, sanos y de fuste recto (C). Foto A de Thomas D.

querer seleccionar para obtener ciertas características deseadas. Algunas de las características deseadas (especialmente las propiedades medicinales) pueden ser difíciles de discernir para los recolectores de semillas. En caso de duda, los recolectores pueden pedir ayuda a los usuarios finales y clientes para elegir plantas progenitoras con propiedades preferidas.

La selección de las semillas puede darse en función a su resistencia a las enfermedades. Dependiendo del vector de la enfermedad, algunas plantas que muestran problemas evidentes de plagas o enfermedades pueden transmitir esa susceptibilidad a su descendencia. Las plantas locales prósperas son candidatas excelentes como progenitoras.

En el caso de plantas para su uso como alimento, madera, fibra u otros, usualmente se desea una alta productividad en términos de frutos, nueces o follaje abundantes o un rápido índice de crecimiento. Muchas especies tropicales nativas solo producen cosechas de semillas grandes periódicamente. A menudo, a las cosechas de semillas abundantes les siguen cosechas de semillas ligeras al año siguiente. El intervalo entre los años de gran producción de semillas se denomina periodicidad. Dependiendo de los objetivos del proyecto, puede ser aconsejable la recolección de semillas en diferentes periodos. Por ejemplo, cuando se restaura el hábitat de los polinizadores o el alimento para las aves, es importante la continuidad del suministro incluso en años en los que escasea.

Para las plantas leñosas, la forma de crecimiento es también una característica clave. Por ejemplo, los árboles pueden variar en forma, desde individuos arbustivos pequeños y con varios tallos, hasta individuos grandes y de tallo recto. Dependiendo de las características preferidas para las necesidades del proyecto, los recolectores de semillas pueden recoger semillas de progenitores que tengan la forma deseada. Por ejemplo, en Hawái, el renacimiento de la cultura tradicional hawaiana de canoas ha reavivado el interés en el árbol de koa, una especie que puede variar desde individuos arbustivos con varias ramificaciones, hasta individuos altos y rectos. Para algunos proyectos de reforestación de koa, se buscan los “koa para canoas,” árboles altos y de fuste recto, ideales para la fabricación de canoas (figura 8.9C).

Elegir la Calidad por Encima de la Cantidad al Recolectar Semillas

La recolección de semillas es definitivamente un área en la que “la calidad por encima de la cantidad” debe ser la norma para evitar perpetuar características indeseables y erosionar la diversidad genética de la especie. Por ejemplo, a veces las plantas producen grandes volúmenes de semillas cuando están estresadas, enfermas o lesionadas, pero esas semillas pueden no ser de alta calidad. Además, en el caso de las semillas de árboles, es mucho más fácil recolectarlas de los individuos bajos arbustivos con muchas semillas que de árboles altos y rectos, no obstante, al recolectar solo de los más fáciles de

alcanzar se reduce la diversidad genética. Para todas las plantas, es más rápido recolectar de solo unos cuantos individuos que seguir la recomendación de tomar pequeñas cantidades de 50 o más individuos, pero recolectar con el objetivo de reunir la mayor cantidad de semillas en el menor tiempo posible no es una estrategia efectiva. Si se trabaja con contratistas o personal de viveros para recolectar semillas, se recomienda pagar a los recolectores por hora en lugar de por libra, para que se sigan las pautas que aseguren la calidad de las semillas y protejan la diversidad genética. La viabilidad ecológica a largo plazo y la contribución futura de una plantación están en juego.

Fenología de las Especies

El monitoreo de la fenología de la especie (desarrollo a lo largo de la temporada incluyendo la floración, la fructificación y la producción, y la caída de hojas) es una parte importante de la recolección de semillas. Cualquier observación también puede proporcionar pistas sobre cómo germinar las semillas. Una buena experiencia de campo no tiene sustituto.

Se debe de asegurar de registrar el tiempo y las fechas de floración para cada especie. La floración es fácil de observar en especies con flores vistosas, pero requiere más atención para especies polinizadas por el viento como *Podocarpus* y *Terminalia*. Con el tiempo, el reconocimiento de la secuencia de floración de la flora local permite al personal simplificar el cronograma de recolección de semillas ajustándolo al periodo de floración de unas pocas especies indicadoras. La mayoría de las frutas en desarrollo solo son visibles unas semanas después de la floración y la polinización. A medida que uno se familiarice con la fenología de la especie y las condiciones locales del sitio, se podrá elaborar un cronograma de recolección de semillas que sea específico para el área.

Cada especie tiene su propio arreglo de flores y frutos, estrategia de polinización y modo de dispersión de semillas. Algunas especies florecerán y darán frutos durante un periodo de tiempo prolongado mientras que otras florecerán y darán frutos solo una vez durante una temporada de cultivo. Diferentes tipos de arreglos florales tendrán diferentes secuencias de floración. En las áreas tropicales con un ciclo estacional húmedo-seco pronunciado, la mayoría de las especies florecerán y darán frutos durante periodos definidos. En las áreas tropicales con una distribución uniforme de las precipitaciones, muchas especies florecerán y darán frutos de manera irregular durante todo el año. Estas especies producen varias cosechas de frutos diferentes en 1 año en plantas individuales. Para obtener una amplia representación genética, se debe recolectar frutos de todos los periodos de disponibilidad de semillas.

Los frutos de varias especies tropicales solo están disponibles durante un corto periodo de tiempo después de la maduración. Algunos frutos carnosos pueden recolectarse antes de su maduración plena y madurar en el vivero sin afectar la viabilidad de las semillas. Otras especies no madurarán

después de desprenderse del árbol. Los recolectores también deberán saber por cuánto tiempo permanecerán viables las semillas de una especie en el suelo. La recolección de las semillas en el suelo debe realizarse en el momento oportuno ya que un retraso puede provocar la pérdida de viabilidad de las semillas.

A menudo, en una misma planta existe un rango de estados de madurez del fruto. Por ejemplo, algunas especies tienen un pedúnculo floral con un periodo prolongado de floración y varias etapas diferentes de desarrollo del fruto. El recolector de semillas deberá cosechar selectivamente sólo los frutos completamente maduros y realizar visitas repetidas de regreso al lugar de recolección.

Se debe conocer la estrategia de dispersión de la especie antes de intentar recolectar semillas. Los frutos tropicales han desarrollado muchas estrategias altamente especializadas que ayudan a proteger las semillas y a dispersarlas lejos de la planta progenitora. Muchas especies son dispersadas por animales, como murciélagos, monos, aves y hormigas, para los cuales los frutos carnosos son fuentes de alimento. Los recolectores tienen que programar la recolección de los frutos antes de que se consuman; en algunos casos, puede ser necesario embolsar o enjaular los frutos para obtener las semillas. Se debe recordar en todo momento la ética en la recolección de semillas y asegurarse de dejar suficiente alimento para los animales nativos al recolectar las semillas.

La dispersión mediante el viento es muy común en varias especies tropicales. Las semillas y los frutos pueden tener cavidades llenas de aire, cubiertas tipo pelos, y varios tipos de alas o paracaídas (figura 8.10). Los recolectores deben programar la recogida antes de la dispersión de las semillas y antes de los días ventosos.

Algunas especies como *Cassia* y *Mimosa* se dispersan por la fuerza al madurar. En estos casos, puede ser necesario envolver

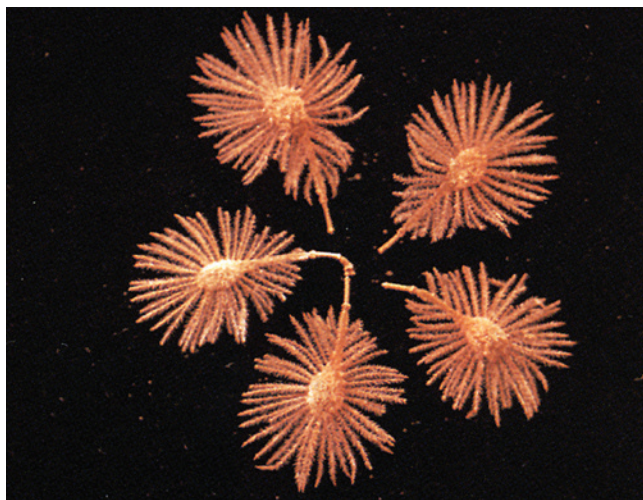


Figura 8.10—Las especies que se dispersan por el viento deben ser recolectadas tan pronto como maduren. En la figura se muestra: *Heliocarpus appendiculatus*. Foto de Vozzo (2002).

los frutos en desarrollo con tela para capturar las semillas (figura 8.11). Utilizar una tela de malla fina con un tejido que permita el paso de la luz, pero que sea lo suficientemente pequeña como para evitar que las semillas caigan a través de la tela. Atar las bolsas sobre los tallos de las semillas en desarrollo para que éstas sean capturadas cuando se dispersen por la fuerza.

Factores que Afectan la Formación de las Semillas y la Oportunidad de la Recolección

Las condiciones ambientales pueden ser beneficiosas o perjudiciales para la floración y el desarrollo de las semillas. Por ejemplo, la sequía y las altas temperaturas pueden promover la floración, pero el estrés por humedad prolongado puede hacer que las plantas aborten los frutos y las semillas en desarrollo o que la viabilidad de las semillas sea deficiente. Realizar una prueba de corte en las semillas directamente antes de la recolección, como se describe en la siguiente sección.

La altitud, la latitud y el aspecto afectan a la maduración de las semillas porque dependen de la temperatura. Las poblaciones que se encuentran en laderas abiertas y orientadas al sol (orientadas hacia el sur en el norte del ecuador, orientadas hacia el norte en el sur del ecuador) madurarán antes que las de laderas protegidas orientadas hacia la sombra. Las poblaciones de baja altitud suelen madurar primero y los recolectores de semillas pueden seguir la maduración de las semillas cuesta arriba con el incremento de altitud. Los recolectores deben aprovechar los microambientes favorables para su beneficio. Por ejemplo, las poblaciones que crecen a plena luz del sol tienden



Figura 8.11—Las semillas que se diseminan por la fuerza con cápsulas explosivas se recogen mejor atando bolsas de malla sobre los frutos en desarrollo. Foto de Tara Luna.

a producir más semillas que las que están bastante sombreadas. Las plantas que crecen en suelos húmedos y ricos en nutrientes producirán mayor cantidad de semillas y más saludables. Los sitios que el ganado visita con mayor frecuencia son malas opciones para la recolección de semillas porque los animales a menudo consumen la cosecha de la temporada actual, lo que limita la floración y producción de semillas. La vida silvestre puede eliminar rápidamente una cosecha de semillas en maduración y los recolectores pueden necesitar envolver o enjaular los frutos en desarrollo. Algunos insectos y hongos también pueden consumir las semillas. Deben evitarse los frutos o semillas que tengan pequeños agujeros de salida, que estén decolorados o deformes.

Asegurar que las Semillas Estén Saludables

La manera más fácil de asegurar que las semillas estén saludables y listas para la cosecha es usar una prueba de corte. Una prueba de corte permite inspeccionar si hay semillas maduras, anormales, infestadas o vacías. Se deben examinar varias semillas de varios individuos dentro de la población. Las dos herramientas esenciales son una lente de mano y una máquina de afeitar, un cuchillo o un bisturí para cortar. Con cuidado, cortar el fruto o la semilla a lo largo de su eje más largo. Inspeccionar las semillas para observar su coloración interna, qué tanto el tejido interno llena la cavidad del tegumento y la presencia de un embrión. Dependiendo de la especie, el embrión puede llenar completamente la cavidad o ser diminuto y estar incrustado en el endospermo. (Puede ser necesario un microscopio para examinar especies con semillas muy pequeñas). Si el tegumento es blando y el contenido es acuoso y suave, la semilla no está madura. Si el tegumento es duro y el contenido es firme y de color claro a blanco, la semilla se acerca a la madurez o está completamente madura. Algunas especies pueden recolectarse justo antes de la madurez si se corta toda la inflorescencia y se permite que las semillas se curen adecuadamente antes de limpiarlas. En general, el momento óptimo para la recolección de semillas es cuando los frutos se están abriendo por la parte superior.

Métodos de Recolección de Semillas

La elección del método de recolección de semillas depende de la especie que se va a recolectar. Algunos métodos generales de recolección incluyen la recogida a mano o el deshojado a mano, la recolección a mano de las semillas que cayeron en la tierra, el corte de racimos de frutos, el rastrillar o sacudir ramas sobre una lona, el envolver o enjaular los frutos o conos en desarrollo y el atado de lonas entre plantas leñosas grandes. Las siguientes herramientas y suministros son útiles para la recolección de semillas de rodales naturales:

- Etiquetas, marcadores permanentes, lápices y formularios de recolección de semillas para adherir a las bolsas.

- Tijeras, tijeras de podar, podadoras extensibles o equipo de seguridad y equipo para escalar árboles para árboles más altos.
- Lente de mano para examinar las semillas y asegurarse de que estén llenas.
- Cuchillas de máquina de afeitar o navajas afiladas para la prueba de corte de semillas y para examinar los frutos.
- Bolsas de papel grandes para los frutos secos.
- Bolsas de plástico blancas para los frutos carnosos.
- Lonas para recolectar los frutos del suelo.
- Guantes.
- Bandejas de madera para recolectar las semillas de plantas que crecen a baja altura.
- Una caja de almacenamiento o enfriador para evitar que las colecciones se sobrecalienten durante el transporte.
- Binoculares para detectar frutos en árboles más altos.
- Bolsas de malla fina, jaulas, telas de malla fina y bandas elásticas para especies de rápida dispersión.

Comprar Semillas de una Fuente de Confianza

Recolectar uno mismo o contratar la recolección de las semillas de acuerdo con nuestras especificaciones es la mejor manera de garantizar la obtención de fuentes genéticamente diversas adaptadas localmente. Sin embargo, a veces es posible que se tenga que comprar las semillas. Si se compra a un proveedor de semillas sin supervisar las prácticas de recolección, lo mejor es preguntar qué fuentes tiene disponibles la empresa, en lugar de pedir una fuente en particular; los proveedores sin escrúpulos pueden afirmar que tienen exactamente lo que uno desea. Si no se puede localizar una fuente adecuada de semillas para la compra, es mejor recolectarlas uno mismo. Si los proveedores de semillas están dispuestos y pueden recolectar según nuestras especificaciones, hacer que sigan las pautas proporcionadas en este capítulo.

Las semillas compradas deben ser de alta calidad y libres de malezas. Al comprar semillas, obtener y conservar un certificado del análisis de las semillas para cada lote de semillas. El análisis de las semillas debe tener el nombre científico de la especie, la variedad cultivada (si aplica), el origen de las semillas, una estimación de viabilidad, el porcentaje de semillas puras vivas (PLS, analizado en la siguiente sección bajo Pruebas de Semillas) y el porcentaje de semillas de otros cultivos, semillas de maleza y material inerte. Comprar solamente semillas con valores altos de PLS y con porcentajes muy bajos de semillas de malezas y otros materiales inertes. A menudo, es una buena idea preguntar dónde se recolectaron las semillas y determinar qué malezas pueden estar presentes en el lote de semillas.

Procesamiento de las Semillas

La manera en que se manipulan las semillas y los frutos durante la recolección, el almacenamiento temporal, la manipulación posterior a la cosecha y la limpieza pueden afectar directamente la calidad, la viabilidad y el tiempo de almacenamiento de la semilla. El procesamiento apropiado de frutos y semillas comienza en el momento en que se extrae el fruto o semilla de la planta progenitora. El procesamiento apropiado incluye el manejo a corto plazo desde el campo hasta el vivero, el almacenamiento temporal en el vivero, y la extracción rápida y adecuada de las semillas de ser necesario. Este paso es seguido por la siembra oportuna y apropiada en el vivero (semillas recalcitrantes y ortodoxas) o la preparación para el almacenamiento a largo plazo (semillas ortodoxas).

En general, es mejor transportar el material desde el campo hasta el vivero lo más rápido posible, evitando la exposición directa al sol, las altas temperaturas y el abuso físico. Los frutos, las semillas y los conos secos pueden dejarse dentro de sus bolsas de recolección de papel durante un tiempo breve. La colocación de las bolsas de plástico llenas de frutos carnosos dentro de los enfriadores ayudará a evitar que se fermenten y se dañen debido a las altas temperaturas subsiguientes.

La limpieza de las semillas es necesaria antes de sembrar o almacenar por un periodo prolongado. En algunos casos, las semillas germinarán lentamente o no germinarán en absoluto si no son removidas de los frutos.

La mayoría de los viveros tropicales se ocupan de pequeños lotes de semillas. La limpieza y el procesamiento de las semillas pueden ser laboriosos y tomar bastante tiempo, y el equipo de limpieza especializado puede ser costoso. Una variedad de métodos y dispositivos económicos y de baja tecnología son fáciles de usar, están disponibles fácilmente y funcionan muy bien con una variedad de tipos de frutos. Algunos se describen en las siguientes secciones. Cualquiera que sea el método de limpieza que se elija, el área de limpieza de semillas del vivero debe estar bien ventilada. Algunos frutos pueden causar reacciones alérgicas y el polvo fino puede irritar la piel, los ojos y los pulmones. Es importante usar guantes y mascarillas anti-polvo durante la limpieza y lavarse las manos después.

Semillas Recalcitrantes

Las semillas recalcitrantes no pueden resistir el secado por debajo de un nivel de humedad crítico, por lo que generalmente se siembran inmediatamente después del procesamiento. Durante el almacenamiento temporal antes de la siembra, las semillas se deben mantener completamente hidratadas conservándolas en bandejas cubiertas con tela arpillera húmeda o en bolsas de plástico llenas de arena o musgo de turba húmedos en un área sombreada con temperaturas relativamente frías. La humedad relativa debe mantenerse entre el 80% y el 90%.

Muchas especies con semillas recalcitrantes pueden ser recolectadas limpiamente y ser sembradas inmediatamente después sin limpieza adicional. Otras necesitan una limpieza adicional que usualmente se realiza mediante flotación en agua. Inmediatamente después de la recolección, las semillas se colocan en un cubo con agua. En general, las semillas viables se hunden, mientras que las no viables, la basura y los desechos flotan. Como beneficio adicional, el remojo ayuda a mantener a las semillas hidratadas hasta su siembra. Si las semillas o frutos se recogen de un terreno muy seco, las semillas viables también pueden flotar temporalmente; el remojo durante un tiempo prolongado, tal vez incluso durante toda la noche, podría ser necesario para permitir que las buenas semillas y frutos se hidraten y se hundan. Se debe realizar una prueba de corte para ajustar este procedimiento.

Frutos y Conos Secos con Semillas Intermedias u Ortodoxas

Una vez que llegan al vivero, pequeñas cantidades de frutos y conos secos se pueden secar en bolsas o sobres de papel, siempre y cuando el contenido esté suelto. Para cantidades grandes, estos se deben secar inmediatamente esparciendo el material de manera uniforme sobre una lona o estante de secado. Se puede construir a bajo costo un estante de secado que consista en un marco de madera simple con múltiples cribas y esto permitirá aprovechar eficazmente el espacio en una sala de secado de semillas o invernadero (figura 8.12). Los estantes de secado se pueden elaborar con rejillas de orificios finos que permitan el movimiento del aire, pero que eviten la pérdida de semillas. Se necesitarán diferentes cribas de malla para diferentes tamaños de semillas. Los materiales deben ser volteados varias veces al día para evitar que se calienten demasiado o que se sequen de forma desigual o se vuelvan mohosos. Los frutos dehiscentes secos también se deben cubrir con una tela de malla fina para evitar la pérdida de semillas después de que los frutos se abran. Una buena circulación de aire, una humedad relativa baja y temperaturas entre 65 a 80 °F (18 a 27 °C) favorecen un secado parejo y eliminan la acumulación de humedad que podría causar moho y una temperatura dañina. Un invernadero ventilado o un cobertizo de almacenamiento funcionan bien para este propósito. El control de la temperatura es muy importante; utilizar una malla sombra para evitar que las temperaturas suban demasiado. Evitar rehumedecer los frutos secos después de la recolección. Además, asegurarse de excluir a los animales del área de secado de semillas.

Separar las semillas de los frutos dehiscentes secos suele ser fácil porque los frutos se abren en la madurez. Si se agitan los frutos dentro de las bolsas de papel para que las semillas se desprendan, se separarán fácilmente lotes pequeños de semillas y las cápsulas leñosas podrán extraerse de la bolsa. Las licuadoras de cocina modificadas con cuchillas recubiertas de goma son muy útiles para limpiar pequeños lotes de frutos secos (Thomas 2003). La cantidad ideal de material de fruto seco que se debe



Figura 8.12—Las semillas ortodoxas necesitan protección contra el viento durante el secado (A) y una buena ventilación para evitar el desarrollo de moho durante la manipulación y el secado después de la cosecha (B y C). Fotos de Thomas D. Landis.

colocar en una licuadora varía según su tamaño, pero funciona bien entre un cuarto y un tercio de la capacidad de almacenamiento de la licuadora (Scianna 2004).

El cribado es la manera más fácil de separar las semillas extraídas de los desechos, como hojas secas, alas y pequeños trozos de frutos secos. Las cribas se pueden construir con mallas de alambre y marcos de madera. También existen cribas comerciales en un amplio rango de tamaños (figura 8.13A). Se necesita por lo menos dos tamaños de criba. La criba superior tiene orificios lo suficientemente grandes para permitir que pasen los frutos y las semillas y la criba inferior tiene orificios más pequeños que permiten que pase la paja fina, pero no las semillas. Al colocar el material recogido en la criba superior y zarandearla, se puede eliminar la mayoría de los residuos. Para separar otras plantas de semillas pequeñas, como cárcices, espartos y otras especies herbáceas tropicales, se necesitarán cribas con malla muy fina o tamices de cocina para separar adecuadamente las semillas de otros desechos (figura 8.13B).

Si se están limpiando vainas grandes, duras y coriáceas, se podría necesitar alicates, martillos, tornillos de banco o destornilladores. Las semillas que están contenidas en cápsulas

leñosas duras se pueden extraer calentando las cápsulas en hornos o exponiéndolas al fuego en una parrilla portátil. El tratamiento de calor hace que las vainas se vuelvan quebradizas, lo que facilita la extracción de las semillas con herramientas manuales. Al utilizar fuego o calor y herramientas manuales, asegurarse de no dañar las semillas. Simplemente sumergiéndolas en agua para separar la paja fina y otras impurezas, se pueden limpiar las especies con tegumentos duros.

Los conos de las coníferas, una vez abiertas las escamas, se pueden colocar en un saco y agitarse a mano o dar vueltas dentro de una jaula de alambre para desprender las semillas de las escamas del cono. Los conos seróticos, como los que se encuentran en algunos pinos tropicales, requieren exposición al calor antes de que se abran las escamas. Los conos deben exponerse a temperaturas de 170 °F (170 °C) colocando los conos en hornos durante un periodo de unos cuantos minutos a unas cuantas horas o sumergiéndolos en agua caliente durante unos minutos. Si se utiliza un horno, se debe revisar los conos con frecuencia durante el secado y retirarlos cuando la mayoría de ellos se hayan abierto lo suficiente como para permitir la extracción de las semillas. Si los conos se sumergen en agua caliente, la combi-

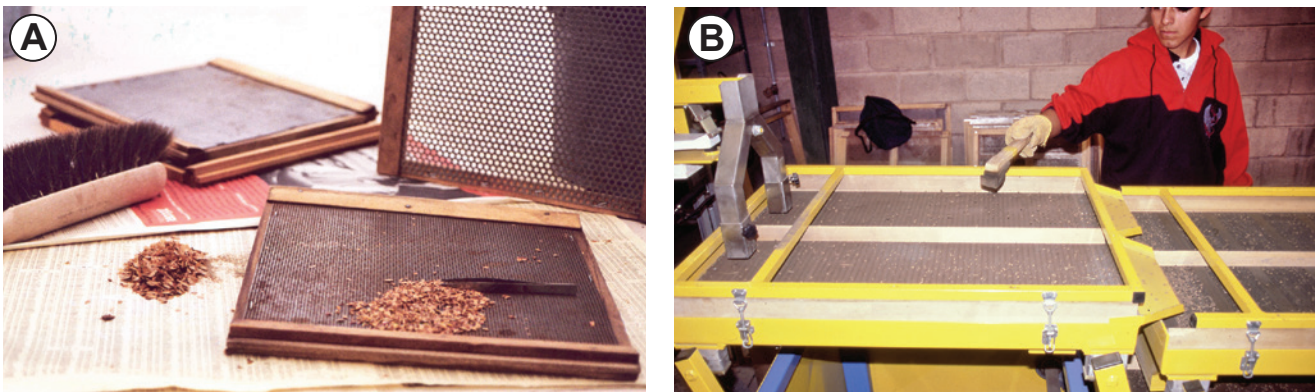


Figura 8.13—Las cribas se utilizan para separar los residuos grandes y la paja fina de las semillas y están disponibles comercialmente en un amplio rango de tamaños de orificios de criba para adaptarse a cualquier especie (A). Las semillas de varias especies son muy pequeñas y requieren cribas o tamices finos para su limpieza (B). Foto A de Tara Luna y foto B de Thomas D. Landis.

nación de calor y secado después del remojo debe ser suficiente para abrirlos. A la mayoría de las semillas de coníferas tropicales se les remueven las alas antes de sembrar, esto se puede hacer llenando un cuarto de un saco de tela o arpillera, atando o doblando el saco para cerrarlo y amasando suavemente las semillas apretando y frotando desde el exterior del saco durante unos minutos para desprender las alas (figura 8.14). Repetir nuevamente el proceso de cribado con un tamaño de malla que retenga las semillas, pero que permita el paso de los desechos más pequeños (Dumroese y otros 1998). Este método se puede utilizar en otras semillas tropicales aladas siempre y cuando no se dañen las semillas. En los casos en los que existe la posibilidad de que se produzcan daños, no se les remueven las alas a las semillas y se plantan como una unidad intacta.

El paso final es ventilar o aventar, lo que separa las alas desprendidas, las semillas huecas y las impurezas del mismo tamaño que las semillas de las semillas buenas (figura 8.15). Cuando las semillas se vierten lentamente frente a un pequeño ventilador eléctrico, estas se separan según el peso desde la base del ventilador. La mayoría de las semillas pesadas y robustas caerán cerca de la base del ventilador, mientras que las semillas huecas, las alas y las impurezas más ligeras tenderán a caer más lejos. Avanzando desde el ventilador hacia fuera, recoger periódicamente una muestra pequeña de las semillas y cortarlas por la mitad para verificar la robustez, determinando dónde están las semillas huecas y descartándolas. Todas las especies requerirán probablemente varias separaciones sucesivas para obtener el grado deseado de pureza de la semilla. Una buena meta para la mayoría de las especies es 90% o más semillas sanas (Dumroese y otros 1998).



Figura 8.14—A las semillas de coníferas se les remueven las alas antes de sembrarlas amasándolas suavemente en un saco de tela o arpillera. Foto de Thomas D. Landis.

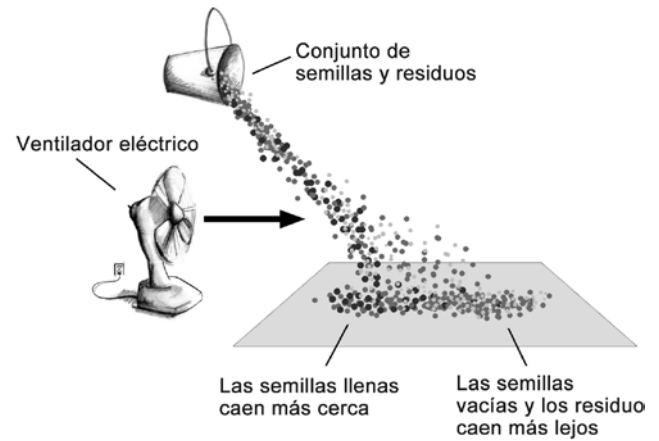


Figura 8.15—Utilizar un ventilador pequeño para separar las semillas vacías y las alas de las semillas llenas. Las semillas llenas más pesadas aterrizarán más cerca del ventilador, mientras que las semillas vacías más ligeras caerán más lejos. Ilustración de Dumroese y otros (1998).

Frutos y Conos Carnosos

Los frutos y los conos carnosos son muy susceptibles a la fermentación, la momificación, el calentamiento excesivo o la infestación microbiana, todo lo cual puede dañar las semillas. Por otra parte, es importante no dejar que los frutos se sequen porque puede dificultar bastante su limpieza. El mejor procedimiento es almacenar temporalmente los frutos carnosos en bolsas de plástico blancas en un lugar fresco o en el refrigerador hasta que las semillas se puedan procesar.

Las semillas en frutos carnosos necesitan ser procesadas poco después de su recolección. El primer paso en la limpieza es remojar los frutos carnosos en agua para ablandar la pulpa. Es posible que el remojo tenga que durar desde unas horas hasta unos cuantos días, dependiendo de la especie, y el agua debe ser cambiada cada algunas horas. Una vez ablandada la pulpa, se puede extraer la carne apretando con las manos o machacando con un bloque de madera, rodillo u otro dispositivo. La carne también se puede retirar mediante el cribado en húmedo, que consiste en frotar a mano los frutos contra las cribas utilizando un chorro de agua constante para eliminar la pulpa (figura 8.16). Este método se utiliza para la mayoría de los frutos tropicales carnosos grandes. Otra herramienta útil que se puede utilizar para pequeñas cantidades de frutos carnosos es la licuadora de cocina común o el procesador de alimentos con cuchillas modificadas. Las licuadoras de cocina modificadas se pueden utilizar para pequeños lotes de frutos carnosos y secos después de recubrir las cuchillas del aspa con un revestimiento de plástico de goma (el material utilizado para recubrir los mangos de las herramientas manuales) para evitar que se dañen las semillas (figura 8.17) (Thomas 2003). Hacerla funcionar durante aproximadamente 1 minuto para producir un puré de frutos y semillas. El puré se debe colocar en un cubo y añadir agua de forma lenta y continua para que la mayoría de los restos floten y queden las semillas limpias en el fondo del cubo (Truscott 2004). Los

tambores para rocas pequeños y de tamaño de aficionados (figura 8.18) también son útiles para limpiar los frutos carnosos pequeños o para eliminar las púas u otros restos de las semillas y los frutos. Las vueltas en tambor húmedo utilizan gravilla o piedra chancada y agua dentro de un tambor recubierto de goma. Añadir solo el agua suficiente para hacer

una papilla con la grava y la fruta. Se puede operar el tambor toda la noche y revisar al día siguiente. Después del proceso de vueltas en el tambor, el contenido se vierte en un tamiz y se lava la pulpa o los restos, dejando las semillas limpias (Dreesen 2004).

Si se limpian los frutos carnosos de especies con semillas latentes, estas se deben lavar con agua para eliminar los restos de pulpa y secar durante varios días antes de almacenarlas.



Figura 8.16—Se puede limpiar fácilmente los frutos carnosos usando un paño de malla simple y agua corriente para eliminar la pulpa de las semillas (A). A los frutos maduros del crisobalano o icaco (*Chrysobalanus icaco*), un arbusto costero nativo de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, se les quita la pulpa fibrosa, dejando las semillas limpias y listas para su almacenamiento (B). Foto A de Thomas D. Landis y foto B de Brian F. Daley.



Figura 8.17—La modificación de las cuchillas de una licuadora de cocina usando un revestimiento de goma le permite al cultivador limpiar pequeños lotes de frutos secos y carnosos sin dañar las semillas. Foto de R. Kasten Dumroese.

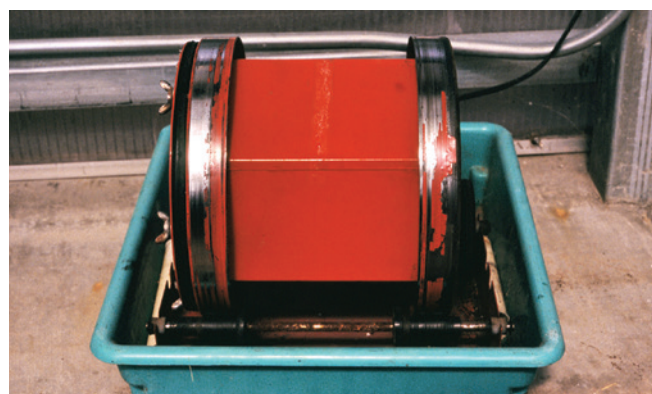


Figura 8.18—Se puede usar un tambor para rocas pequeño de tamaño de aficionados para limpiar frutos secos con apéndices difíciles de remover o frutos carnosos. Fotos de Tara Luna.

Pruebas de Semillas

Después de limpiar las semillas, es aconsejable determinar su calidad mediante pruebas de viabilidad de las semillas, germinación de las semillas o ambas. Las pruebas de viabilidad de las semillas estiman el potencial de las semillas para germinar y crecer, mientras que las pruebas de germinación de las semillas miden el porcentaje y el índice de germinación reales. En el caso de semillas que se compran o venden comercialmente, también se querrá conocer el porcentaje de semillas puras vivas (PLS).

Pruebas de Viabilidad de las Semillas

Las pruebas de corte, descritas anteriormente, son las pruebas de viabilidad más sencillas y suelen realizarse durante la recolección de semillas y, con frecuencia, justo antes de tratar las semillas para la siembra. También se deben realizar pruebas de corte en lotes de semillas que han estado almacenadas durante mucho tiempo para evaluar visualmente su condición. Las pruebas de corte pueden revelar si la semilla está sana o no, pero no pueden determinar realmente nada sobre el potencial de germinación. Una mejor prueba es la prueba de tetrazolio (TZ), un método bioquímico en el que la viabilidad de la semilla se determina por un cambio de color que ocurre cuando determinadas enzimas de la semilla reaccionan a una solución de cloruro de trifeniltetrazolio. El tejido vivo vuelve rojo, mientras que el tejido que no está vivo permanece sin color (figura 8.19). La reacción se produce tanto en semillas latentes



Figura 8.19—Las pruebas de tetrazolio (TZ) tiñen el tejido vivo de color rojo y se pueden utilizar para estimar la viabilidad de las semillas de un lote de semillas. En esta figura se muestran (de izquierda a derecha): embrión muerto, embrión dañado y semilla sana. De Stein y otros (1986).

como no latentes y los resultados se pueden obtener en un par de horas. Si bien la prueba de TZ es fácil de realizar, la interpretación de los resultados requiere experiencia. Por esta razón, algunos viveros más grandes o viveros que también venden semillas envían muestras de semillas a analistas de semillas que tienen el equipo de laboratorio y la experiencia necesarios para realizar las pruebas. Una tercera prueba que se puede realizar es la del embrión extirpado. Los embriones se extraen cuidadosamente de las semillas y se les deja crecer independientemente del tejido de la semilla. Las semillas a menudo deben estar en remojo durante varios días para remover los tegumentos duros y la extirpación del embrión es un procedimiento preciso que por lo general requiere la ayuda de un microscopio. Al igual que cuando se realizan pruebas de TZ, la mayoría de los viveros envían sus muestras de semillas a los analistas de semillas para que realicen pruebas con embriones extirpados.

Pruebas de Germinación

Una prueba de germinación de semillas determina tanto el índice de germinación como el porcentaje de germinación total, y se utiliza para determinar los índices de siembra para usar las semillas de manera eficaz (figura 8.20). El índice de germinación indica qué tan rápido germinarán las semillas, mientras que el porcentaje de germinación indica qué proporción de las semillas germinará eventualmente. Las pruebas de germinación se usan para determinar cuántas semillas sembrar por contenedor y cuánto tiempo se puede

esperar que las semillas sigan germinando después de sembrar. Ver el Capítulo 9, Germinación de Semillas y Opciones de Siembra, para más información sobre los índices y métodos de siembra.

Si la especie que se está analizando tiene algún tipo de latencia de semillas, se necesitará un tratamiento apropiado para superar la latencia antes de la prueba de germinación. Muchos viveros realizarán pruebas a lotes de semillas latentes antes y después del tratamiento de latencia para comprobar su efectividad. La germinación real en el vivero puede variar enormemente debido a la variabilidad inherente de la germinación en la mayoría de las especies de plantas y a las diferencias en las condiciones ambientales durante las pruebas y el cultivo en el vivero.

Seguir los siguientes pasos para realizar una prueba de germinación:

- Seleccionar un área en el invernadero o en la oficina que se pueda mantener limpia.
- Forrar el fondo de las bandejas de plástico, placas de Petri o contenedores similares con papel toalla. Para las especies con semillas más grandes, forrar el fondo con arena estéril húmeda (hornear la arena en el horno a 212 °F [100 °C] durante por lo menos 1 hora para esterilizarla) o musgo de *Sphagnum* sin moler.
- Humedecer las hojas de papel toalla u otro sustrato con agua destilada.
- Retirar muestras de semillas del mismo tamaño de cada uno de los contenedores del mismo lote de semillas o, si solo hubiese un contenedor para el lote de semillas, retirar semillas de distintas partes del contenedor. Mezclar estas muestras juntas para formar una muestra representativa (figura 8.21).
- A partir de la muestra, hacer 4 réplicas de 100 semillas y esparcir cada réplica sobre el sustrato húmedo en un contenedor. Se pueden cubrir los contenedores para reducir la evaporación del sustrato.
- Usar agua destilada para rehumedecer el sustrato según sea necesario, pero nunca permitir que haya agua estancada en el contenedor.



Figura 8.20—El papel toalla (A), la arena estéril (B) y el Sphagnum (C) son sustratos adecuados para las pruebas de germinación. Fotos de Vozzo (2002).

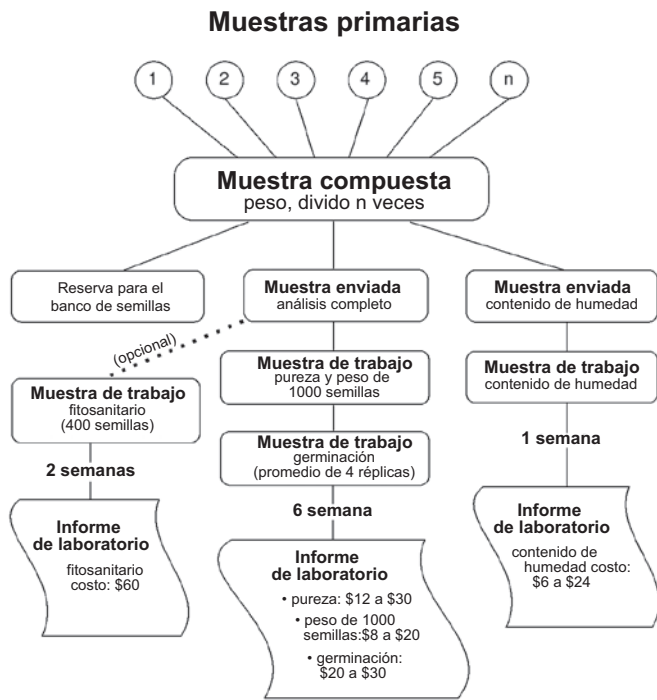


Figura 8.21—Analizar las semillas recolectando muestras primarias de todo un lote de semillas para formar una muestra compuesta. La muestra compuesta se divide después en muestras analizadas en el vivero o enviadas a un laboratorio de semillas para realizar las pruebas. Ilustración de Dumroese y otros (2008).

- Colocar los contenedores bajo condiciones óptimas de germinación, idealmente en las que se pueda controlar la luz, la temperatura y la humedad. Las condiciones similares al vivero darán resultados más significativos.
- Contar la cantidad de germinantes diaria o semanalmente por hasta 4 semanas en especies herbáceas y hasta 3 meses en especies leñosas. La uniformidad en el tiempo de germinación puede ser ventajosa, sin embargo, debemos asegurarnos de no excluir semillas saludables, que simplemente germinan más lento, del patrimonio genético para esa especie.

Porcentaje de Semillas Puras Vivas

El porcentaje de semillas puras vivas (PLS) es un índice de calidad de semillas que se puede calcular durante las pruebas de semillas (figura 8.22). Cuando se compran o venden semillas, es importante saber que las semillas tienen valores de PLS altos y porcentajes muy bajos de semillas de malezas y otros materiales inertes. A menudo, es una buena idea preguntar dónde se recolectaron las semillas y determinar qué malezas pueden estar presentes en el lote de semillas.

Almacenamiento de Semillas

El almacenamiento de semillas puede ser bastante benefi-

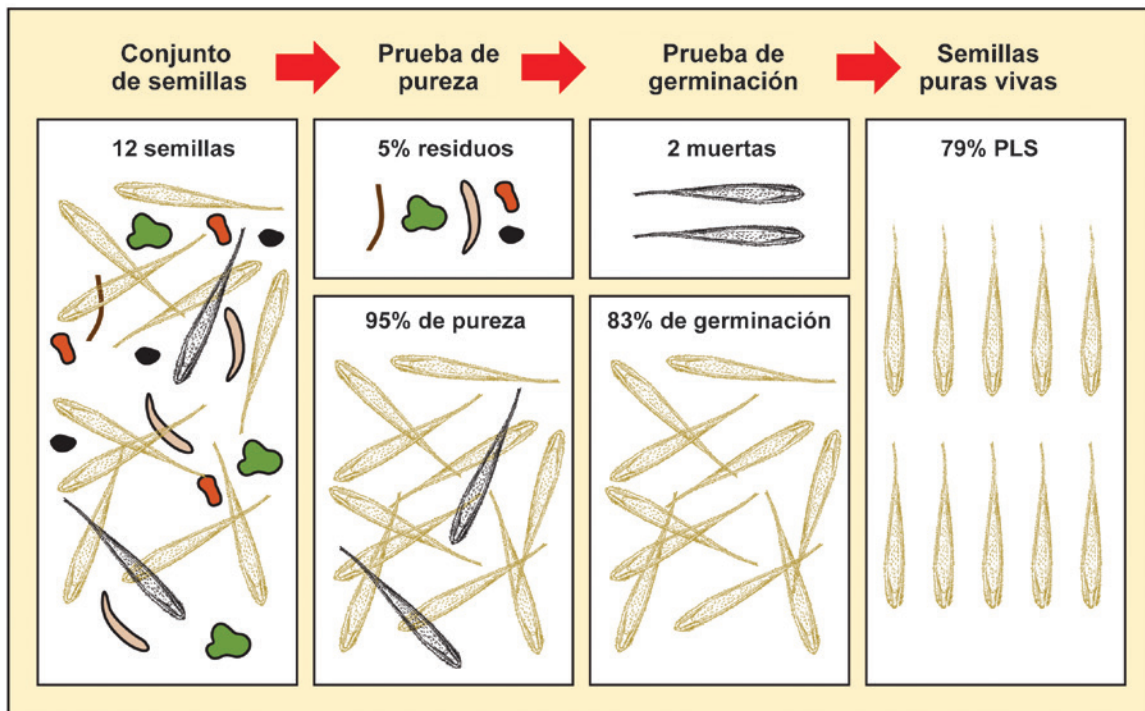


Figura 8.22—Las semillas puras vivas (PLS) es el porcentaje del peso del conjunto de las semillas que está compuesto de semillas viables. En este ejemplo, los resultados de una prueba de pureza muestran que el 95% del peso del conjunto está compuesto de semillas. La prueba de germinación subsiguiente indica que el 83% de las semillas germinaron. Al multiplicar el porcentaje de pureza con el porcentaje de germinación se obtiene un 79% de PLS. Ilustración de Steinfeld y otros (2007).

cioso, en especial para aquellas especies que producen semillas de forma irregular o aprovechar una cosecha abundante de semillas. Además, el almacenamiento de semillas a largo plazo es un método de conservación importante para las especies amenazadas y en peligro de extinción. Para un almacenamiento adecuado de las semillas, las semillas deben estar maduras y no tener lesiones mecánicas. La viabilidad de las semillas después del almacenamiento depende de su viabilidad durante la cosecha, cómo fueron manipuladas durante el procesamiento antes del almacenamiento y de las condiciones de almacenamiento. Incluso bajo las mejores condiciones, las semillas se degradan. El grado de longevidad varía según la especie.

Métodos de Almacenamiento Para Semillas Recalcitrantes

Como se indicó anteriormente, las semillas recalcitrantes de especies tropicales solo retienen su viabilidad durante un corto periodo de tiempo; por lo general, solo se almacenan temporalmente antes de la siembra. Sin embargo, algunas especies que tienen nueces se pueden almacenar durante unos cuantos meses, siempre y cuando las semillas retengan un alto contenido de humedad (35% a 50%) bajo una humedad relativamente alta con buena ventilación a temperaturas frías. Las semillas recalcitrantes deben tener un intercambio constante de gas, por lo que usualmente se almacenan en contenedores sin sellar en bolsas de plástico llenas de musgo de turba húmedo en un lugar fresco, como en el refrigerador. La temperatura ideal para el almacenamiento de semillas recalcitrantes se debe determinar especie por especie.

Debido a que las especies con semillas recalcitrantes son numerosas y ecológicamente importantes en los trópicos, los esfuerzos de propagación del vivero juegan un papel importante en la conservación y restauración de especies tropicales recalcitrantes (Kettle y otros 2011).

Métodos de Almacenamiento Para Semillas Intermedias y Ortodoxas

Se pueden almacenar las semillas intermedias si se proporcionan las condiciones de almacenamiento adecuadas y las semillas se secan al nivel apropiado de contenido de humedad para la semilla. Sin embargo, el contenido de humedad para las semillas y la temperatura de almacenamiento ideales varían entre las especies tropicales. En general, las semillas intermedias secas no pueden almacenarse a menos de 50 °F (10 °C).

En la naturaleza, las semillas ortodoxas de la mayoría de las especies tropicales ocurren en áreas con un ciclo estacional húmedo-seco definido, orillas de playa áridas, sabanas o ambientes en altitudes elevadas (como se ve en Hawái). Por ejemplo, bajo condiciones de almacenamiento adecuadas, la viabilidad de las semillas de *Acacia koa* se mantuvo elevada después de 25 años de almacenamiento (Young 1993). Las semillas ortodoxas se pueden encontrar en muchas especies tropicales dentro de varias

familias (Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Combretaceae, Cucurbitaceae, Fabaceae, Lamiaceae, Poaceae, Rosaceae, Solanaceae y Pinaceae). Las especies que producen aquenios, varias bayas con semillas, vainas secas, folículos o cápsulas que contienen semillas pequeñas, o utrículos, silicuas, carióspsides, o esquizocarpos tienden a producir semillas ortodoxas (Hong y Ellis 1996, Vozzo 2002). Independientemente de esto, los cultivadores deben analizar las semillas ortodoxas recién cosechadas antes del almacenamiento a largo plazo para desarrollar un porcentaje de germinación de referencia.

Después de que las semillas estén limpias, secarlas al aire en bandejas poco profundas durante 2 a 4 semanas antes del almacenamiento para reducir el contenido de humedad. Revolverlos una vez a la semana o con suficiente frecuencia para evitar un secado desigual. El almacenamiento de semillas ortodoxas requiere de una humedad relativa baja, un contenido bajo de humedad de las semillas y temperaturas frías (figura 8.23A). Un pequeño cambio en el contenido de humedad de las semillas ocasiona un gran efecto en el tiempo de almacenamiento de las semillas. Con la mayoría de las especies ortodoxas, el contenido apropiado de humedad de las semillas para el almacenamiento es de 6% a 10%. Los lotes de semillas pequeños se pueden almacenar en frascos sellados con juntas de goma en las tapas o en sobres guardados en un envase de plástico de paredes gruesas con una tapa hermética (figura 8.23B). Las bolsas de plástico selladas con calor utilizadas para los alimentos son eficaces y se pueden volver a sellar de ser necesario (figura 8.23C). Se puede usar un medidor de humedad electrónico para medir el contenido de humedad de las semillas y está disponible en varios proveedores (figura 8.23D).

Los viveros tropicales pequeños utilizan tres métodos de almacenamiento de semillas: almacenamiento a temperatura ambiente, refrigeración y, en casos excepcionales, congelación. Si se está utilizando un refrigerador o congelador y se pueden producir cortes de energía prolongados, considerar la utilización de un suministro de energía de reserva; por lo general, las fluctuaciones a corto plazo no son un problema.

Si bien las semillas ortodoxas se pueden almacenar a temperatura ambiente, se deterioran más rápido que las almacenadas a bajas temperaturas. El almacenamiento a temperatura ambiente solo se debe usar cuando los lotes de semillas se guardan por un tiempo corto. El contenido de humedad de las semillas durante el almacenamiento a temperatura ambiente debe estar en el extremo inferior del rango, 6% a 8%. Las semillas se deben colocar en contenedores herméticos y almacenar en una sala o área con humedad relativa baja. Este método de almacenamiento funciona mejor en las partes más áridas de los trópicos.

Las semillas ortodoxas de varias especies tropicales se pueden almacenar en un refrigerador a temperaturas por encima de la congelación. Se debe colocar las semillas en un contenedor

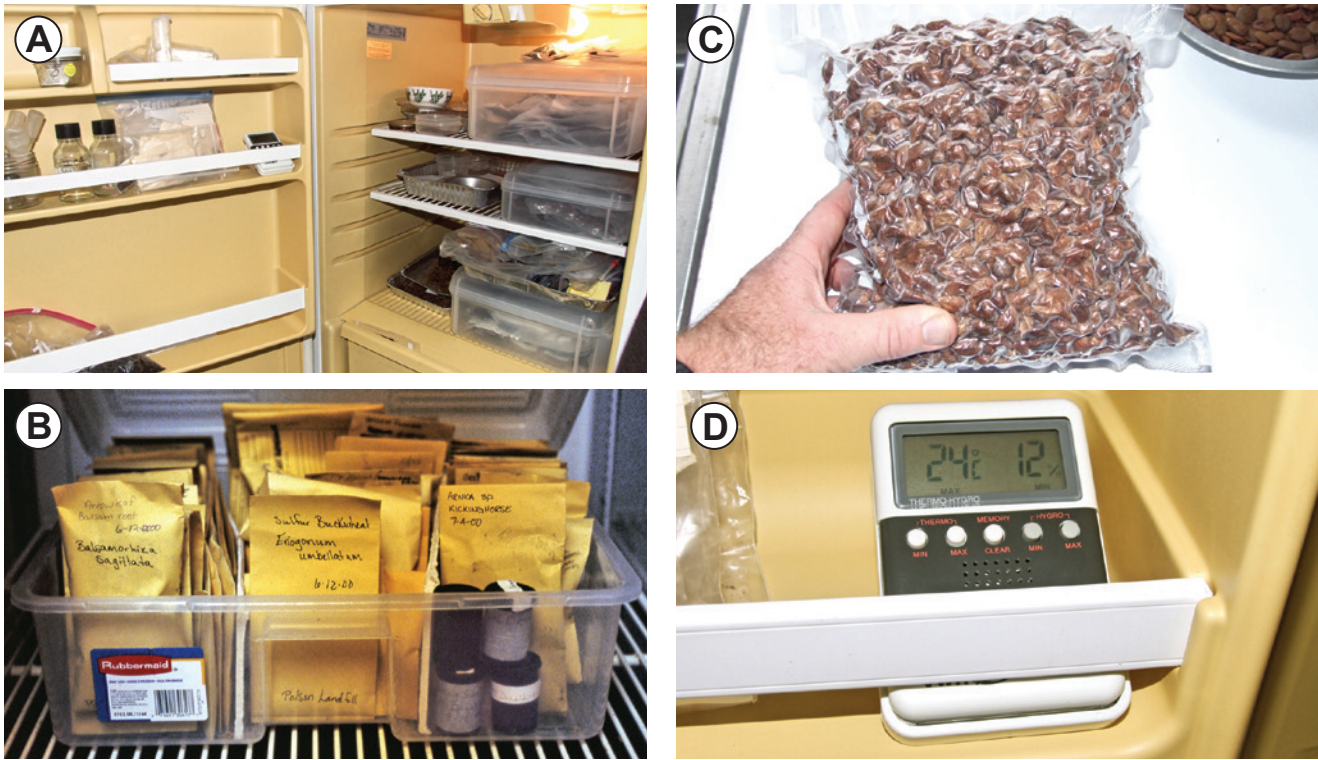


Figura 8.23—Las semillas ortodoxas deben secarse adecuadamente antes de su almacenamiento y guardarse en contenedores a prueba de humedad en condiciones frías con baja humedad, como el refrigerador del Banco de Semillas de la Isla de Hawái (A). Cada lote de semillas debe ser etiquetado indicando el origen, la fecha y el porcentaje de viabilidad. Los lotes pequeños pueden ser almacenados en sobres siempre que se conserven en un contenedor a prueba de humedad (B) o en bolsas de plástico (C). Un medidor electrónico mide la temperatura y la humedad (D). Fotos A, C y D de J.B. Friday, cortesía de Jill Wagner y el Banco de Semillas de la Isla de Hawái y foto B de Tara Luna.

hermético y mantenerlas a una temperatura de 38 a 41 °F (3 a 5 °C) en un refrigerador con descongelación automática que mantenga una humedad relativa entre 10% y 40%. Si casi nunca se abre la puerta, la humedad en una unidad con descongelación automática se mantendrá en niveles bajos de humedad relativa.

Muy pocas especies tropicales tolerarán la congelación, para aquellas que sí lo hagan, secar las semillas hasta que el contenido de humedad de las semillas sea bajo y colocarlas en contenedores herméticos. Al retirar las semillas congeladas del congelador, dejar que el contenedor alcance la temperatura ambiente antes de abrirlo. Esta práctica evita que se forme condensación de agua en las semillas.

Se pueden utilizar geles de sílice, disponibles en tiendas de pasatiempos y floristerías, para mantener un contenido humedad de las semillas bajo con semillas que se han secado correctamente antes del almacenamiento. Los geles de sílice se han utilizado en semillas de pasto nativo de vida corta colocadas en almacenamiento a largo plazo para aumentar la longevidad y se deben probar con otras especies nativas con semillas de vida corta (Dreermann 2003). Una regla general es verter una cucharadita (aproximadamente 5 ml) de gel de sílice en un sobre de papel y colocarlo con las semillas dentro de un frasco sellado herméticamente por cada 2 onzas (57 g) de semillas que deban almacenarse. El gel de sílice eliminará el vapor de agua y asegurará que las semillas

permanezcan en la humedad de almacenamiento adecuada. Para recargarlos, los geles se pueden hornear en un horno (150 °F [66 °C]) durante aproximadamente 1 hora.

Siembra de Semillas Después del Almacenamiento a Largo Plazo

En algunos casos, absorber agua muy rápido puede dañar las semillas de especies de semillas grandes que han sido secadas a niveles de humedad bajos. Por lo tanto, al rehidratar estas semillas, retirarlas del almacenamiento y esparcirlas uniformemente en un envase de plástico sellado. Colocar hojas de papel toalla humedecidas en el envase de forma que las hojas de papel toalla no toquen las semillas directamente. El vapor de agua liberado por las hojas de papel toalla será absorbido lentamente por las semillas; después de un par de días, las semillas podrán soportar la absorción de agua sin lesiones.

Referencias

Dawson, I.; Were, J. 1997. Collecting germplasm from trees—some

Las Semillas son un Vínculo Entre los Procesos Evolutivos del Pasado y el Potencial de Adaptación en el Futuro

(Adapted from Flores 2002: 14–15)

“El genotipo de una semilla arbórea es el resultado de las fuerzas evolutivas que operan en la especie durante siglos. Se adapta a las condiciones ambientales actuales, pero no a las del futuro, especialmente cuando las condiciones ambientales se modifican drásticamente debido al acelerado cambio global... Las combinaciones genéticas capaces de sobrevivir a través de los cambios ambientales tienen un valor intrínseco.

La germinación de la semilla se ve influenciada por las condiciones ambientales durante el desarrollo y la maduración de la semilla cuando está en el árbol progenitor. La duración del día, la temperatura, el ambiente fototérmico del progenitor, la calidad de la luz y la altitud son factores que influyen significativamente en la capacidad de germinación. Factores adicionales incluyen la posición de inflorescencia en el árbol progenitor, la posición de la semilla en el fruto o infrutescencia y la edad del árbol progenitor durante la inducción floral. Estos factores, además de otros, explican la gran variación encontrada en los parámetros de las semillas (peso, color, contenido de agua, germinabilidad) entre los grupos de semillas y entre las semillas del mismo grupo.

Para la mayoría de las personas, el concepto de “semilla” es engañosamente simple. Se le compara con una píldora, aislada de los efectos ambientales, replicada muchas veces y capaz de producir una planta. Sin embargo, una semilla está unida a una larga y compleja historia evolutiva y fisiológica, y también está condicionada a las variaciones de un futuro largo y complejo. El estudio de las semillas tiene muchas facetas y no debe limitarse a la recolección, el almacenamiento y la siembra de la cosecha de este año.”

guidelines. *Agroforestry Today*. 9(2): 6–9.

Dremann, C. 2003. Observations on *Bromus carinatus* and *Elymus glaucus* seed storage and longevity. *Native Plants Journal* 4:61-64.

Dreesen, D. 2004. Tumbling for seed cleaning and conditioning. *Native Plants Journal*. 5: 52–54.

Dumroese, R.K.; Landis, T.D.; Wenny, D.L. 1998. Raising forest tree seedlings at home: simple methods for growing conifers of the Pacific Northwest from seeds. Moscow, ID: Idaho Forest, Wildlife and Range Experiment Station. 56 p.

Dumroese, R.K.; Luna, T.; Landis, T.D. 2008. Nursery manual for native plants: volume 1, a guide for tribal nurseries. *Agriculture Handbook 730*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 302 p.

Flores, E.M. 2002. Seed biology. In: Vozzo, J.A., ed. *The tropical tree seed manual*. *Agriculture Handbook 721*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 13–118.

Hong, T.D.; Ellis, R.H. 1996. A protocol to determine seed storage behavior. *International Plant Genetic Resources Institute Tech. Bull. No. 1*. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute.

Kettle, C.J.; Burslem, D.F.R.P.; Ghazoul, J. 2011. An unorthodox approach to forest restoration. *Science*. 333: 36.

Scianna, J.D. 2004. Blending dry seeds clean. *Native Plants Journal*. 5: 47–48.

Stein, W.I.; Danielson, R.; Shaw, N.; Wolff, S.; Gerdes, D. 1986. Users guide for seeds of western trees and shrubs. *General Technical Report PNW-193*. Corvallis, OR: U.S. Department of Agriculture, Pacific Northwest Station. 45 p.

Steinfeld, D.E.; Riley, S.A.; Wilkinson, K.M.; Landis, T.D.; Riley, L.E. 2007. Roadside revegetation: an integrated approach to estab-

lishing native plants. *Technology Development Report FHWA-WFT/TD-07-005*. Vancouver, WA: U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. 413 p.

Thomas, D. 2003. Modifying blender blades for seed cleaning. *Native Plants Journal*. 4: 72–73.

Truscott, M. 2004. Cuisinart for cleaning elderberry (*Sambucus* sp. L. [Caprifoliaceae]). *Native Plants Journal*. 5: 46.

U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, Seeds of Success[BLM/SOS]. 2011. Technical protocol for the collection, study, and conservation of seeds from native plant species for seeds of success. *Native Plant Materials Development Program: 8–11*. <http://www.nps.gov/plants/sos/training/index.htm>. (October 2011).

Vozzo, J.A., ed. 2002. *The tropical tree seed manual*. *Agriculture Handbook 721*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 899 p.

Withrow-Robinson, B.; Johnson, R. 2006. *Selecting native plant materials for restoration projects: insuring local adaptation and maintaining genetic diversity*. Corvallis, OR: Oregon State University Extension Service.

Young, Y. 1993. *Seeds of the woody plants of North America*. Portland, OR: Dioscorides Press. 407 p.

Lecturas Adicionales

Landis, T.D.; Tinus, R.W.; Barnett, J.P. 1999. *The container tree nursery manual: volume 6, seedling propagation*. *Agriculture Handbook 674*. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 167 p.

Schmidt, L. 2000. *Guide to handling of tropical and subtropical forest seed*. Humlebaek, Denmark: Danida Forest Seed Centre. 511 p.