



Germinación de Semillas y Opciones de Siembra

Tara Luna, Kim M. Wilkinson, y R. Kasten Dumroese

9

Las semillas de varias especies nativas son difíciles de germinar. Algo importante que un cultivador puede hacer es aprender tanto como sea posible sobre la historia de vida, la ecología y el hábitat de la especie que desea cultivar para entender los procesos por los que pasan las semillas de cada especie objetivo en la naturaleza. Cualquier observación será valiosa al tratar de germinar y cultivar especies que tienen poca o ninguna información publicada disponible. La forma en que se manejan, tratan, y siembran las semillas puede afectar la diversidad genética y la calidad del cultivo producido. Los cultivadores deben equilibrar el deseo de obtener cultivos y cronogramas uniformes con la necesidad de proteger las distintas características dentro de las especies. En este capítulo, analizaremos las características de las semillas, los tratamientos para mejorar o estimular la germinación y los distintos tipos de opciones de siembra para las semillas.

Página opuesta: *Siembra a mano. Foto de Tara Luna.*

Características de las Semillas

Tal como se observó en el Capítulo 8: Recolección, Procesamiento y Almacenamiento de Semillas (y como se mostró en la figura 8.8), las semillas tropicales se pueden dividir en cuatro categorías relacionadas con su longevidad y capacidad para ser almacenadas (Hong y Ellis 2002, Kettle y otros 2011).

Vivíparas: semillas que germinan antes de ser diseminadas de la planta madre. Los ejemplos más comunes son algunas especies de manglares como *Avicennia* y *Rhizophora* y algunas legumbres tropicales.

Recalcitrantes: semillas que germinan poco después de la maduración y diseminación de la planta madre, y que no se pueden secar sin perder viabilidad. La mayoría de las especies de los trópicos húmedos tienen semillas recalcitrantes porque las condiciones en estos ambientes son consistentemente favorables para la germinación y el arraigo de las plántulas. Ejemplos de especies comunes con semillas recalcitrantes incluyen el cacao, el mango, el longán y la jaca.

Intermedias: semillas que pueden germinar inmediatamente, pero que también pueden sobrevivir el secado parcial sin perder viabilidad. Por ejemplo, semillas de papaya que se han secado hasta un contenido de humedad del 10% se han almacenado con éxito en condiciones de humedad relativa del 50% durante 6 años sin afectar la viabilidad (Vozzo 2002). Especies que han demostrado un comportamiento de almacenamiento intermedio incluyen la margosa, la canela, los cítricos, la caoba y el café.

Ortodoxas: semillas que se pueden secar sin perder viabilidad. Estas semillas se consideran “dormidas” y a menudo necesitan tratamientos específicos para fomentar la germinación. Las semillas dormidas no germinarán inmediatamente después de la maduración y diseminación de la planta madre, incluso cuando se den las condiciones ambientales ideales.

Antes de intentar cultivar una planta, es importante conocer el tipo de germinación de la semilla ya que esto ayuda a determinar los mejores tratamientos para la semilla y las opciones de siembra para esa semilla. Para las semillas ortodoxas, conocer la especie nos ayuda a proporcionar las mejores condiciones para disipar o “romper” la latencia de la semilla y lograr buenos índices de germinación.

Latencia en Semillas Ortodoxas

La latencia es una adaptación que asegura que las semillas germinen solo cuando las condiciones ambientales sean favorables para la supervivencia. Las condiciones necesarias para permitir que las semillas rompan la latencia y germinen pueden ser altamente variables entre especies, dentro de una especie o entre fuentes de semillas de la misma especie. Este grado de variabilidad es conveniente porque las semillas germinarán en diferentes momentos durante un periodo de días, semanas, meses o incluso años, garantizando que algunos

descendientes estarán expuestos a condiciones ambientales favorables para la supervivencia.

Las especies tropicales que habitan áreas con un ciclo estacional húmedo-seco pronunciado, con climas áridos o semiáridos, o en altitudes elevadas donde están expuestas a temperaturas frías, con frecuencia tienen semillas latentes. El grado de latencia en estas especies puede variar entre y dentro de lotes de semillas, entre años de cosecha de semillas y entre individuos. Ejemplos de especies con semillas latentes incluyen las acacias como la Acacia koa nativa de Hawái y los pinos incluyendo el *Pinus caribaea* del Caribe.

La latencia puede ser causada por factores fuera (externos) o dentro (internos) de las semillas. Algunas especies tienen una combinación de latencia externa e interna, una condición que se conoce como latencia doble. Conocer el tipo de latencia de la semilla es esencial para una propagación exitosa.

Latencia Externa de las Semillas

La latencia externa de las semillas puede ser física, físico-fisiológica, química o mecánica (Baskin y Baskin 1998, 2004). Las semillas que tienen tegumentos duros y gruesos que impiden físicamente el movimiento de agua u oxígeno hacia las semillas tienen una dormancia física. La latencia física es el tipo de latencia en las semillas más común que se observa en los trópicos. Especies con latencia externa incluyen varias de las legumbres (fabáceas), malvales (malváceas) y otras especies tropicales que están adaptadas al fuego o que habitan hábitats de islas áridas a semiáridas o áreas con ciclos estacionales húmedos-secos pronunciados. Por lo general, estas semillas se germinan durante un periodo de varios años. Dependiendo de la especie y el hábitat, varios factores ambientales hacen que estas semillas se vuelvan permeables con el tiempo o durante una determinada época del año. Las semillas que requieren una exposición adicional a temperaturas particulares después de volverse permeables tienen una latencia físico-fisiológica.

Los frutos que encierran las semillas causan otras formas de latencia externa. La latencia química describe a frutos que contienen altas concentraciones de inhibidores de germinación que previenen la germinación espontánea de las semillas. La latencia mecánica describe a pericarpios duros y leñosos que restringen la germinación de la semilla y que se ejemplificada mejor con las cáscaras que rodean los cocos (*Cocos nucifera*)

Latencia Interna de las Semillas

La latencia interna puede ser morfológica, fisiológica o ambas (Baskin y Baskin 1998). Las semillas con latencia morfológica tienen un embrión subdesarrollado cuando se dispersan de la planta madre. Se necesita un periodo de post-maduración (usualmente en condiciones cálidas y húmedas) para que el embrión madure por completo antes que la semilla sea capaz de germinar. En las familias de anonáceas,

dileniáceas, magnoliáceas y miristicáceas y en varias especies de palmera se encuentran especies tropicales que exhiben una latencia morfológica. Es posible que las semillas de este tipo no puedan germinar durante varios meses a 1 año después de la siembra.

La latencia fisiológica se encuentra en algunas especies en ambientes tropicales áridos y semiáridos. Las semillas son permeables al agua, pero ciertas condiciones ambientales son necesarias para modificar la química interna de la semilla y permitir de este modo la germinación. Por lo general, un periodo de condiciones frías y húmedas o la conservación de las semillas en almacenamiento en seco vence la latencia fisiológica.

Usualmente, las semillas con latencia morfológica-fisiológica requieren una combinación de condiciones cálidas y frías, con frecuencia a lo largo de un periodo de tiempo prolongado, antes de que puedan germinar.

Tratamientos para Superar la Latencia de las Semillas y Mejorar la Germinación

Se han desarrollado varios tratamientos para las semillas en respuesta a la diversidad de tipos de semillas cultivadas en viveros. Antes de tratar las semillas, asegurarse de consultar las referencias disponibles para ver qué tratamientos se han usado en esa especie; consultar la literatura citada al final de este capítulo y en la Red de Plantas Nativas (<http://www.native.plantnetwork.org>). Si no hubiese información disponible, revisar las referencias para especies estrechamente relacionadas. Cualquier observación personal sobre la especie en el hábitat también puede proporcionar algunas pistas sobre cómo germinar las semillas. Sin embargo, por lo general, el proceso de tratamiento de las semillas sigue una progresión bastante normal descrita en las siguientes secciones. Las semillas no latentes se plantan inmediatamente después de su recolección y limpieza. Las semillas intermedias pueden ser almacenadas durante varias semanas o meses en condiciones adecuadas y luego ser limpiadas, rehidratadas por completo y sembradas. Para las semillas latentes (ortodoxas), la latencia se debe superar usando uno o más de los métodos descritos en este capítulo antes de que las semillas puedan ser rehidratadas, permitiendo la germinación. Es esencial determinar qué tipo(s) de latencia tiene la semilla para poder hacer lo necesario para superar la latencia (figura 9.1). El vivero debe determinar, especie por especie, si las semillas necesitarán ser limpiadas, escarificadas, remojadas, estimuladas, estratificadas y tratadas de otras maneras antes de sembrar. Las siguientes secciones describen las opciones de tratamiento disponibles para las semillas.

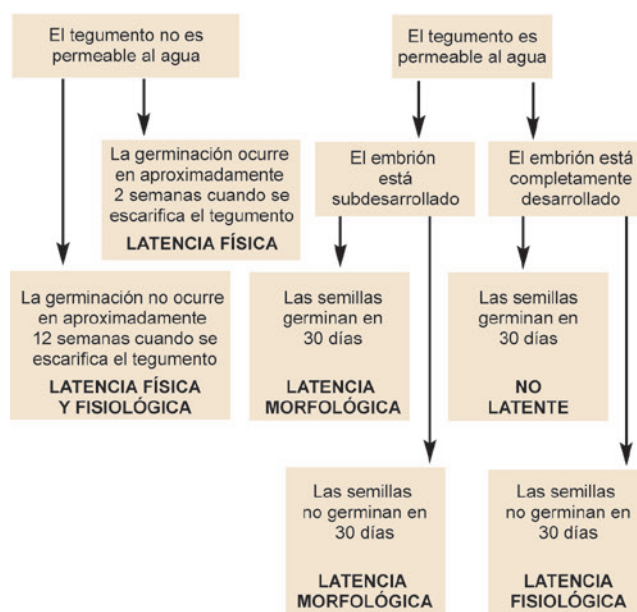


Figura 9.1—Clave para los tipos de latencia. Conocer el tipo de latencia de la semilla es esencial para lograr una propagación exitosa de la semilla. Ilustración de Jim Marin.

Limpieza

La limpieza de las semillas ayuda a prevenir enfermedades en el vivero. La limpieza de las semillas para eliminar infestaciones bacterianas y fúngicas es especialmente necesaria para especies que se cubren de moho fácilmente (figura 9.2). A menudo, los problemas de moho pueden estar relacionados con la enfermedad más común en los viveros, el marchitamiento. La limpieza de las semillas es especialmente importante en climas húmedos y para especies que tardan bastante tiempo en germinar. A menudo, sin la limpieza, las semillas se pueden echar a perder debido a los patógenos antes de que se planten en el vivero.

Uno de los mejores métodos de limpieza es simplemente remojar las semillas bajo un chorro de agua corriente durante 24 a 48 horas. El agua corriente expulsa las esporas bacterianas y fúngicas de las semillas (James y Genz 1981). Este tratamiento también se puede utilizar para satisfacer los requisitos de remojo descritos en la siguiente sección.

También se pueden limpiar las semillas con varios productos químicos, algunos de los cuales también actúan para estimular la germinación. La lejía (hipoclorito de sodio al 5.25%) es el producto químico más comúnmente utilizado. Dependiendo de la especie, las soluciones de limpieza con lejía varían entre una parte de lejía en ocho partes de agua y dos partes de lejía en tres partes de agua. Para la mayoría de las especies, el tratamiento dura 10 minutos o menos. No se debe limpiar con lejía las semillas de especies con tegumentos muy delgados. El peróxido de hidrógeno puede ser un limpiador eficaz y a veces puede

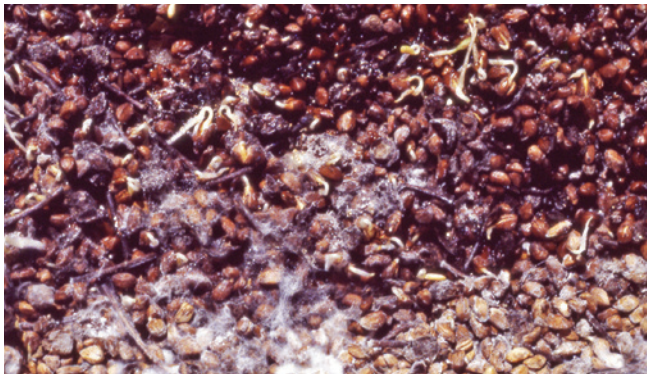


Figura 9.2—Las semillas que no se limpian antes del tratamiento o la siembra se pueden cubrir de moho fácilmente o pueden ser susceptibles a patógenos graves como la enfermedad de marchitamiento. Foto de Thomas D. Landis

aumentar la germinación (Narimanov 2000). El tratamiento usual es una parte de peróxido en tres partes de agua. Las especies tropicales que se benefician de los enjuagues de peróxido de hidrógeno incluyen la especie *Albizia* y las semillas de árboles de alcanfor (Vozzo 2003).

Escarificación

Las semillas con latencia externa necesitan escarificación. La escarificación es cualquier método que rompa el tegumento impermeable de semillas para que el agua y el oxígeno puedan entrar en las semillas. En la naturaleza, los tegumentos duros se agrietan o se ablandan por el fuego, las temperaturas extremas, los ácidos digestivos en los estómagos de los animales o por la abrasión de la arena en el aire. Después de romper el tegumento, el oxígeno y el agua pasan a las semillas y puede proceder la germinación.

Se puede escarificar las semillas de varias maneras. La efectividad del método depende de la especie y del grosor del tegumento. Cualquiera que sea el método que se elija, es muy importante no dañar el endospermo, los cotiledones o el embrión durante el tratamiento. Es útil darse tiempo de aprender la anatomía de la semilla de la especie. Probar varios métodos y registrar los resultados ayudará a determinar el mejor método para esa especie y fuente de las semillas.

Escarificación Mecánica

La escarificación mecánica incluye limar o mellar las semillas a mano y se utiliza con mayor frecuencia en especies de semillas grandes como *Acacia*, *Cassia* y *Sesbania* (figura 9.3). Asegurarse de escarificar en el lado de la semilla opuesto al embrión. A menudo, esto se hace una semilla a la vez con un cortaúñas. Este método requiere bastante tiempo y precisión para escarificar el tegumento adecuadamente sin dañar las partes internas de la semilla. Se puede usar papel de lija en especies de semillas más pequeñas tales como las cárices. La técnica más simple es colocar las semillas en una



Figura 9.3—La escarificación mecánica funciona bien con semillas grandes y fáciles de manejar. No obstante, se debe tener bastante cuidado para no dañar el embrión o los cotiledones. Escarificación a mano de la semilla de Koa (A), semillas de loto escarificadas (B). Foto A de Craig R. Elevation y foto B de Cardno JFNew Native Plant Nursery.

caja de madera poco profunda y luego frotarlas bajo un bloque de madera cubierto en papel de lija. Sin embargo, con frecuencia el grado de escarificación logrado con el papel de lija puede ser variable.

Se pueden usar tambores para rocas de tamaño de aficionados para procesar grandes lotes de semillas más rápidamente que mediante la escarificación mecánica manual (figura 9.4). Las vueltas en tambor en seco implican la colocación de las semillas,



Figura 9.4—Se pueden usar los tambores para rocas de tamaño de aficionados para escarificar las semillas y evitar su destrucción, lo cual puede ocurrir en la escarificación con ácido sulfúrico o por calor. Foto de Tara Luna.

polvo de carborundo grueso (vendido por distribuidores de tambores de rocas) y gravilla en el contenedor y hacer que dé vueltas por varias horas o varios días. Las vueltas en tambor húmedo incluyen la adición de agua al polvo y la gravilla. Un beneficio de las vueltas en tambor húmedo es que las semillas se remojan en agua bien aireada y se pueden lixiviar los inhibidores químicos de la semilla.

Escarificación por Calor

Varias especies, especialmente aquellas de ecosistemas adaptados al fuego, responden a las señales de germinación del calor. El uso de calor húmedo o seco para escarificar las semillas puede simular esta respuesta. La utilización de calor húmedo es un método eficaz para muchas especies de semillas pequeñas porque proporciona un tratamiento rápido y uniforme que se puede evaluar en unas pocas horas. Los tratamientos de calor húmedo son efectivos para muchas especies tropicales, incluyendo *Acacia*, *Cassia*, *Senna*, *Sesbania* y *Tamarindus* (Vozzo 2002). Debido a que el grosor del tegumento puede variar entre las fuentes, es prudente diseccionar unas cuantas semillas y examinar el grosor de sus tegumentos para ayudar a determinar la duración del tratamiento. Las semillas se añaden al agua hirviendo durante 5 a 10 segundos y luego se transfieren inmediatamente a una tina de agua fría para que se enfríen rápidamente para evitar daños al embrión. Las semillas absorben el agua fría durante 1 día y luego están listas para la siembra o para la estratificación (figura 9.5). Algunas especies no pueden tolerar temperaturas excesivamente altas, debido a esto se podría calentar el agua a solo 158 °F (70 °C) y monitorear los resultados.

El calor en seco se utiliza más comúnmente en especies adaptadas al fuego. Las semillas se colocan en un horno a temperaturas entre 175 y 250 °F (80 a 120 °C) desde unos minutos hasta 1 hora, dependiendo de la especie. El tegumento se agrieta en respuesta al calor. Para evitar dañar las semillas, este tratamiento debe ser supervisado cuidadosamente.

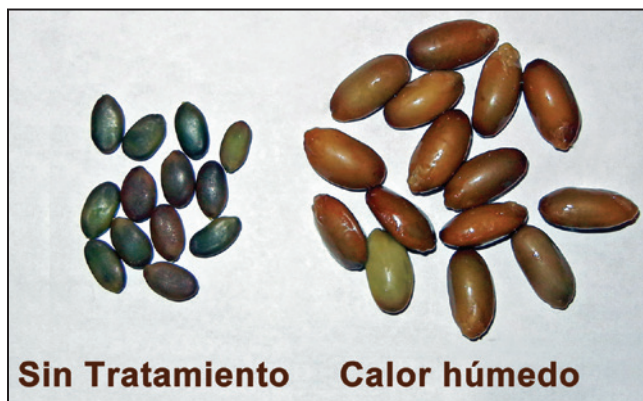


Figura 9.5—Las semillas escarificadas con agua caliente son visiblemente más grandes que las semillas sin tratamiento porque se ha roto el tegumento y por tanto las semillas pueden absorber el agua aumentando su tamaño. Foto de Greg Morgenson.

Escarificación Química

El ácido sulfúrico se usa más comúnmente en especies con tegumentos muy gruesos y con endocarpios pétreos que rodean el embrión (figura 9.6). Se ha utilizado en algunas especies de *Acacia*, *Albizia*, *Cassia*, *Leucaena*, *Parkinsonia* y *Terminalia* (Vozzo 2002). La duración del tratamiento varía entre las especies y a menudo entre las fuentes de las semillas, y se debe supervisar con cuidado porque se puede destruir las semillas si el tratamiento es muy prolongado. Una forma simple de supervisar el proceso es retirar las semillas en intervalos regulares y cortarlas con un cuchillo afilado. Si las semillas todavía están firmes, pero pueden ser cortadas fácilmente, el tratamiento es probablemente suficiente. Otra forma es realizar una prueba piloto en una submuestra de semillas. Una vez más, retirar algunas semillas periódicamente y evaluar qué tan bien germinan. Después de conocer la duración ideal, se puede tratar el lote completo de semillas. La manipulación de ácido sulfúrico es muy requiere el uso de herramientas especiales y equipo de protección personal y la eliminación adecuada después de su uso. Nunca se debe verter en el drenaje del fregadero. Si se diluye el ácido en el agua, se debe añadir ácido al agua, nunca añadir agua al ácido; cuando se añade agua al ácido, se libera calor, pudiendo ocasionar una explosión u otras situaciones de peligro. Algunas especies tienen tegumentos gruesos, pero se pueden dañar fácilmente con el ácido sulfúrico. En su lugar, se pueden utilizar baños de ácido cítrico o de hipoclorito de sodio o de calcio con tratamientos de mayor duración.

El uso seguro del ácido sulfúrico requiere los siguientes procedimientos:

- Tratar semillas secas y a temperatura ambiente.
- Hacer que los trabajadores usen equipo de seguridad, incluyendo protector facial, gafas, guantes de goma gruesos y vestimenta de protección completa.
- Si se diluye, añadir el ácido al agua, nunca el agua al ácido.

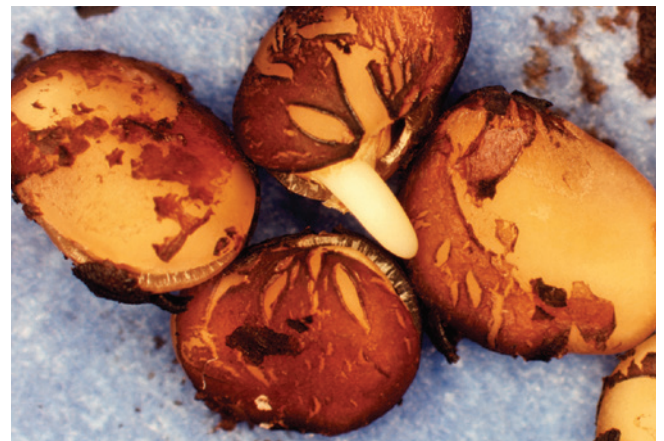


Figura 9.6—Semillas que han sido tratadas con ácido sulfúrico. Foto de Nancy Shaw.

- Sumergir las semillas en un contenedor resistente al ácido, como un vaso, durante el tiempo necesario.
- Remover las semillas con cuidado en el baño con ácido; una varilla de vidrio funciona bien.
- Sumergir el contenedor con las semillas y el ácido en un baño de hielo para mantener las temperaturas a un nivel seguro para los embriones (esta temperatura depende de la especie; varias no necesitan este paso).
- Retirar las semillas del ácido vertiendo lentamente la solución de ácido con las semillas sobre un recipiente con un volumen más grande de agua fría, idealmente uno en la que se añada continuamente agua dulce.
- Remover las semillas durante el enjuague con agua para garantizar que todas las superficies estén completamente enjuagadas hasta estar limpias.

Remojo

Después de la limpieza y la escarificación, las semillas deben ser expuestas al agua y al oxígeno antes de que pueda ocurrir la germinación. El procedimiento estándar es remojar las semillas en agua durante 1 a varios días hasta que estén completamente hidratadas (figura 9.7). Se puede verificar la hidratación tomando una muestra, dejando que seque hasta que el tegumento todavía esté húmedo pero opaco, no brillante, y pesándola. Cuando el peso ya no aumenta sustancialmente con tiempo de remojo adicional, las semillas han absorbido suficiente agua. Las semillas escarificadas serán más obvias; las semillas se agrandarán drásticamente durante el remojo. Las semillas que solo tienen latencia física pueden ser plantadas inmediatamente. Como se mencionó anteriormente, los enjuagues con agua corriente son tratamientos de limpieza de semillas eficaces que reducen la necesidad de fungicidas en los viveros (Dumroese y otros 1990). Los enjuagues con agua corriente también ayudan a eliminar cualquier inhibidor químico presente sobre o dentro de las semillas. Se puede

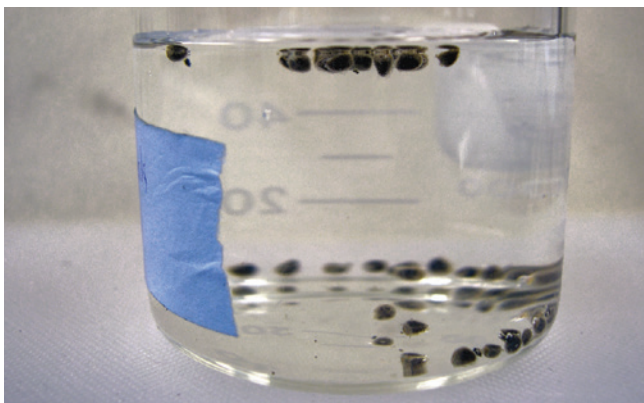


Figura 9.7—Varias especies de semillas latentes se benefician de 1 a varios días de remojo en agua antes de sembrar para que las semillas la absorban completamente y para eliminar cualquier inhibidor químico dentro de las semillas o los tegumentos. Foto de Brian F. Daley.

utilizar una bomba de acuario para agitar las semillas y así mejorar el efecto limpiador y mantener el agua bien aireada. Si no se remojan las semillas con agua corriente, cambiar el agua con frecuencia (por lo menos un par de veces cada día).

Estimuladores de Germinación

Se sabe que varios productos químicos aumentan la germinación de las semillas. Usualmente, estos productos químicos se aplican después de que las semillas estén completamente hidratadas. Por lo general, solo las semillas con latencia interna reciben este tratamiento. Los estimuladores de germinación incluyen ácido giberélico, etileno, humo e hidróxido de potasio.

Ácido Giberélico

El ácido giberélico es la hormona vegetal más importante para la regulación de la latencia interna de las semillas y con frecuencia se utiliza en semillas con una latencia interna compleja y en especies con embriones subdesarrollados. En algunos casos, se ha utilizado como sustituto para un tratamiento cálido y húmedo y para acelerar la postmaduración del embrión. Una de las especies que ha sido germinada con éxito utilizando ácido giberélico es el sándalo. El ácido giberélico se puede comprar de proveedores hortícolas. Las concentraciones preferidas varían, pero la mayoría de los viveros utiliza de 500 a 1,000 partes por millón (ppm). Las altas concentraciones pueden hacer que las semillas germinen, sin embargo, las plántulas resultantes pueden ser de mala calidad. Por lo tanto, es mejor experimentar primero con concentraciones bajas. Las siguientes son algunas pautas para el tratamiento de las semillas con ácido giberélico:

- El ácido giberélico tarda bastante tiempo en disolver. Es posible que necesite remoción constante o se puede preparar el día antes de su uso.
- Guardar la solución no utilizada lejos de la luz directa del sol.
- Cortar filtros de café sin blanquear en cuadrados y doblarlos diagonalmente.
- Colocar la solución de ácido giberélico uniformemente sobre una bandeja con cubos de hielo.
- Colocar cada filtro de café doblado conteniendo las semillas en los pocillos de la bandeja para que absorba la solución.
- Después de 24 horas, retirarlos y sembrar directamente o colocar las semillas en filtros de café nuevos humedecidos con agua destilada para la estratificación.

Etileno

Este gas se produce naturalmente en las plantas y se sabe que estimula la germinación de algunas especies. El gas de etileno lo libera el etefón, un producto disponible comercialmente. El

etefón, usado solo o en combinación con ácido giberélico, ha aumentado la germinación en la palmera dum (Mousa y otros 1998) y puede ser usado para otras especies que habitan ambientes áridos a tropicales semiáridos y salinos. No obstante, es posible que inhiba la germinación en otras especies, por lo que se debe consultar la literatura al respecto y experimentar antes de su uso operativo.

Tratamientos con Humo

El humo estimula la germinación en varias especies adaptadas al fuego; por ejemplo, especies de las comunidades de pino de hoja larga del chaparral de California en Florida o especies de los ecosistemas dependientes del fuego en Australia, Sudáfrica, partes de Sudamérica y el Mediterráneo. Particularmente, el humo estimula las semillas especialmente construida que contiene semillas sembradas en bandejas (figura 9.8A), o con agua ahumada. El agua ahumada es una solución acuosa de extracto de humo elaborada quemando vegetación y canalizando el humo a través de agua destilada o permitiendo que el humo se infunda en un recipiente de agua. Luego, las semillas se remojan en el agua tratada (figura 9.8B). Por otro lado, los cultivadores pueden experimentar con productos de humo disponibles comercialmente, como humo líquido o discos de papel impregnados con humo, o añadiendo ceniza a los sustratos.

Muchas variables, tales como el material utilizado para la combustión, la temperatura de combustión y la duración de la exposición, deberán ser determinados especie por especie. Los experimentos realizados por adaptadas al fuego no germinaron bajo solo tratamientos de calor o con humo. Con algunas especies, fue necesario enterrar las semillas durante 1 año o se requirió la estratificación además de la exposición al humo. Todos estos factores pueden causar un efecto en la germinación y deben ser considerados al momento de determinar si se debe usar tratamientos con humo. Lograr el éxito con este tratamiento nuevo requerirá de varias pruebas, por eso es importante llevar un buen registro.

Enjuagues con Hidróxido de Potasio

Se ha utilizado hidróxido de potasio para estimular la germinación en varias especies de plantas nativas. La concentración óptima varía entre 5.3 y 7.6 Molar durante 1 a 10 minutos dependiendo de la especie; se halló que los retojos de mayor duración y en concentraciones más altas eran perjudiciales (Gao y otros 1998).

Otros Estimulantes

Se ha usado nitrato de potasio, tiourea y cinetina para estimular la germinación en las semillas, aunque el uso de estos compuestos con plantas nativas tropicales es deficiente. Se puede elegir experimentar con estos compuestos de forma limitada con semillas que son difíciles de germinar.



Figura 9.8—Se han utilizado tratamientos con humo para superar la latencia de las semillas y mejorar los índices de germinación de varias especies nativas que habitan ecosistemas dependientes del fuego. Una tienda de humo para tratar semillas (A). Semillas de angélica tratadas con agua humada (B). Foto A de Kingsley Dixon y foto B de Tara Luna.

Tratamientos con Temperatura y Humedad

Varias semillas con latencia interna necesitan un periodo húmedo a ciertas temperaturas similares a lo que ocurre en el hábitat natural antes de germinar y crecer. Históricamente, la estratificación era una práctica de zonas templadas que consistía en alternar capas de tierra húmeda y semillas en barriles para permitir que estos “estratos” estén expuestos a temperaturas de invierno. En la actualidad, la estratificación se usa más genéricamente para describir el uso combinado de la humedad y cualquier temperatura para superar la latencia de las semillas. Usamos el término “estratificación” para referirnos solo a tratamientos fríos y húmedos (poco frecuentes en los trópicos, pero los cubrimos de todas maneras para viveros que cultivan especies montañosas). Utilizamos el término “tratamiento cálido y húmedo” en lugar de “estratificación cálida y húmeda.”

Algunas especies nativas con doble latencia interna de las semillas requieren la combinación de un tratamiento cálido y húmedo durante un periodo de tiempo, seguido de la estratifi-

cación. Algunas especies o lotes de semillas pueden necesitar solo unos pocos días o semanas de estratificación, mientras que otros pueden necesitar varios meses. Como regla general, es mejor utilizar el tratamiento máximo recomendado. También hay que tener en consideración que lo que funciona bien en un vivero no necesariamente funcionará bien en otro vivero debido a las diferencias entre las fuentes, la manipulación, el procesamiento, la limpieza y el almacenamiento de las semillas. Una ventaja de la estratificación de las semillas de algunas especies es que puede acelerar la germinación y hacerla más uniforme, lo cual es deseable en un vivero que usa contenedores.

Tratamientos Cálidos y Húmedos

El tratamiento cálido y húmedo mejora la postmaduración de las semillas con embriones subdesarrollados. Las semillas con tratamiento cálido y húmedo se mantienen a temperaturas de 72 a 86 °F (22 a 30 °C) durante un periodo de tiempo, por lo general en musgo de turba, aserrín u otro sustrato húmedos. Si bien los tratamientos cálidos y húmedos no se realizan comúnmente en especies tropicales, se puede considerar su uso para semillas con latencia morfológica o fisiológica de las semillas.

Estratificación

La estratificación (tratamiento frío y húmedo) se utiliza en semillas con latencia interna provenientes de áreas templadas o hábitats en altitudes elevadas en regiones tropicales. Algunas especies subtropicales también se pueden beneficiar de un periodo de estratificación fría y húmeda. En climas con cuatro estaciones, las semillas sembradas en bandejas de cultivo o

contenedores a finales de verano o en otoño y que se dejan al aire libre durante el invierno experimentan una estratificación “natural.” Se puede preferir esta técnica si la especie tiene doble latencia (requiriendo tanto un tratamiento cálido y húmedo como la estratificación), si necesita una estratificación muy larga o si necesita temperaturas bajas o fluctuantes durante un largo periodo de tiempo. Por el contrario, la estratificación “artificial” comprende la colocación de las semillas bajo refrigeración a una temperatura de 34 a 38 °F (1 a 3 °C) durante un periodo de tiempo. La estratificación artificial tiene varias ventajas: (1) facilita una revisión rutinaria de las semillas para garantizar que estén húmedas y no mohosas, (2) se puede estratificar una gran cantidad de semillas en un espacio pequeño y (3) las semillas o los lotes de semillas que comienzan a germinar pueden ser retirados del tratamiento y plantados en el vivero a medida que están disponibles. Es preferible la estratificación artificial en lugar de la estratificación natural, excepto en casos en que el tratamiento natural proporcione índices más altos de germinación.

Para la estratificación artificial de lotes de semillas pequeños y semillas pequeñas, se puede colocar las semillas entre hojas de papel toalla humedecidas e insertarlas en una bolsa de plástico abierta o se pueden sembrar sobre un sustrato en bandejas de cultivo con agujeros de drenaje. Las hojas de papel toalla deben estar húmedas pero anegadas y se debe esparcir las semillas uniformemente sobre toda la hoja de papel toalla húmeda para ayudar a prevenir la formación de moho (figura 9.9).

Otra técnica es la estratificación “desnuda.” Por ejemplo, la mayoría de las semillas coníferas se estratifican de esta manera (figura 9.10). Las semillas se colocan en bolsas de malla y luego

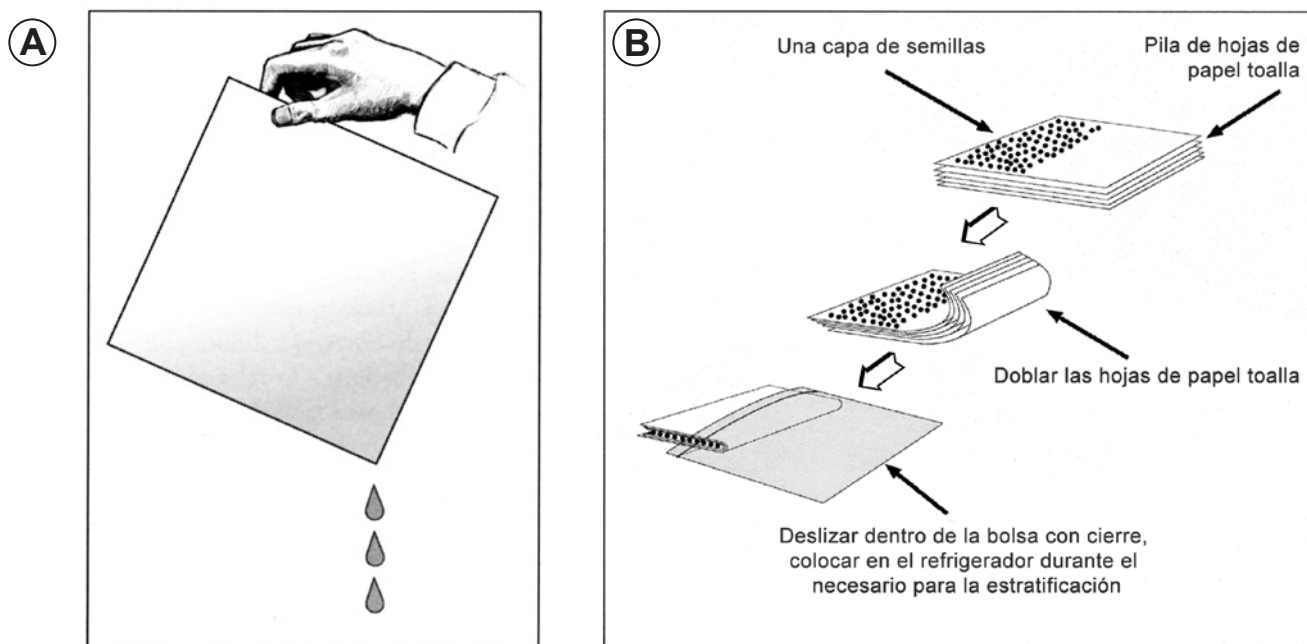


Figura 9.9—Las semillas pequeñas que necesitan solo unas cuantas semanas de estratificación se pueden estratificar humedeciendo hojas de papel toalla y sujetándolas desde una esquina para permitir que el exceso de agua se drene (A) o colocando las semillas en hojas de papel toalla humedecidas insertadas en una bolsa de plástico con cierre sin abrir (B). Ilustraciones de Dumroese y otros (1998)

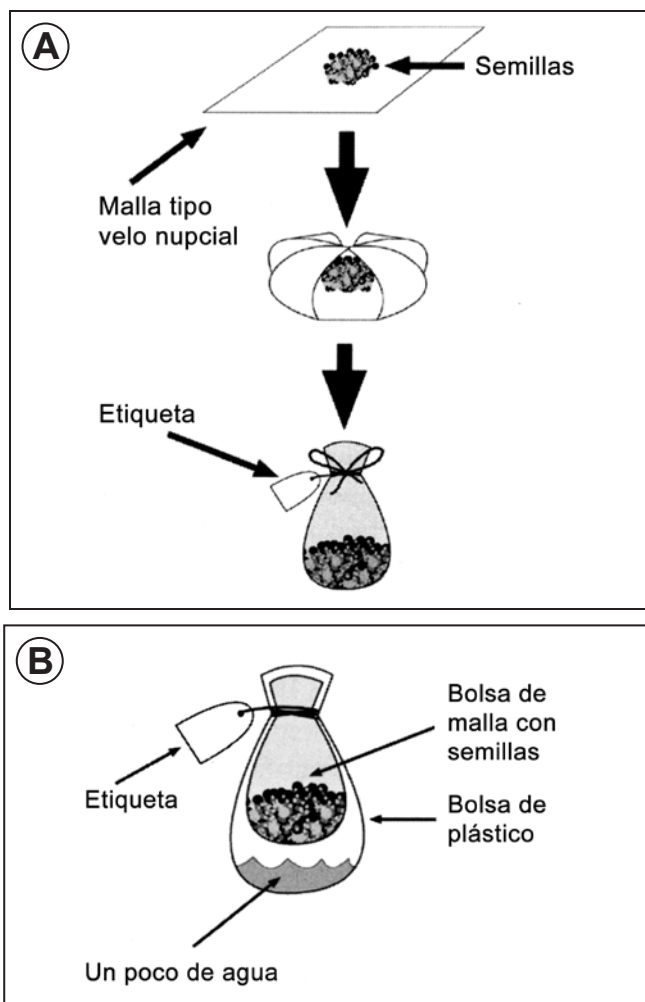


Figura 9.10—Estratificación desnuda: después de remojar las semillas en una bolsa de malla, dejar que la bolsa seque por goteo durante 1 minuto y luego suspender la bolsa de malla en una bolsa de plástico (A). Colgar la bolsa en el refrigerador. Asegurarse de que las semillas no estén en contacto constante con el agua estancada en la bolsa de plástico. Ilustraciones de Dumroese y otros (1998).

se sumergen en agua corriente como se describió anteriormente. Después de que las semillas están hidratadas, se saca la bolsa del remojo, dejando que seque por goteo de 30 a 90 segundos y luego se suspende en una bolsa de plástico. Asegurarse de que las semillas no estén en contacto con el agua estancada en la bolsa y colgar las bolsas en el refrigerador. Si las semillas desnudas necesitan un tratamiento cálido y húmedo antes de la estratificación, es más fácil primero esparcir las semillas sobre hojas de papel toalla humedecidas envueltas en bolsas de plástico grandes. Después del tratamiento cálido, se puede volver a poner las semillas en las bolsas de malla para la estratificación. Otra sugerencia: si una especie o lote de semillas en particular tiene tendencia a comenzar a germinar durante la estratificación, secar la superficie de los tegumentos (las semillas deben estar húmedas y opacas, no brillantes) y luego poner las semillas en la bolsa para la refrigeración. Las semillas deben tener todavía suficiente humedad para que ocurran los pro-

cesos químicos que disipan la latencia, pero no tanta humedad como para permitir la germinación.

Varias especies acuáticas y de humedales pueden ser tratadas con estratificación desnuda en el agua. En general, se pueden estratificar estas especies fácilmente en bolsas tipo Ziploc® llenas de agua. Insertar una pajilla en la bolsa, asegurándose de que el extremo sobresalga de la bolsa para permitir que un poco de oxígeno llegue a las semillas. Luego, sellar firmemente el resto de la bolsa. Colocar bajo refrigeración si se necesita un periodo de estratificación fría y húmeda.

Factores Ambientales que Influyen en la Germinación

Cuatro factores ambientales afectan la germinación: la luz, el agua, el oxígeno y la temperatura. Todas las plantas tienen requisitos de germinación específicos en base a adaptaciones ecológicas y señales ambientales que provocan la germinación para esa especie.

Luz

La calidad y la duración de la luz pueden influir en la germinación. En la naturaleza, las semillas de las especies pioneras tropicales requieren altos niveles de luz correspondiente a una brecha en la cubierta forestal para la germinación y el arraigo, mientras que las especies que toleran la sombra por lo general pueden germinar con poca luz o bajo bastante sombra. Muchas especies nativas tropicales de semillas pequeñas pertenecen a esta categoría. Por lo que las especies pioneras, como 'ōhi'a en Hawái con semillas muy pequeñas similares al polvo (figura 9.11), necesitan luz para la germinación y no germinan incluso si están enterradas a una profundidad de solo 2 mm (Drake 1993). Por lo tanto, estas semillas se deben sembrar en la superficie del sustrato para que estén expuestas a la luz durante la germinación. Otras especies están condicionadas a germinar solo si están enterradas en el suelo. Las especies que necesitan oscuridad para germinar son aquellas que germinan fácilmente bajo la sombra intensa de una cubierta forestal cerrada. Los árboles y los



Figura 9.11—En general, las especies pioneras de semillas pequeñas, como 'ōhi'a, necesitan luz para germinar y no deben ser enterradas. Foto de Tara Luna.

arbustos tropicales con semillas de tamaño mediano a grande a menudo necesitan oscuridad para la germinación máxima, sin embargo, las enredaderas y las plantas herbáceas que toleran la sombra pueden tener semillas más pequeñas. Otras especies que necesitan la oscuridad para germinar incluyen algunas de las especies que colonizan las dunas de arena a lo largo de las costas.

Agua y Oxígeno

El agua también es importante para la germinación. El exceso de riego de las semillas durante la germinación resulta en niveles reducidos de oxígeno en el sustrato y propicia la ruptura y enfermedades en el tejido, mientras que la falta de riego retrasa o previene la germinación. Por lo tanto, es necesario mantener a las semillas uniformemente húmedas durante la germinación. Si bien el oxígeno es necesario para los procesos respiratorios en semillas germinantes, algunas especies acuáticas pueden necesitar niveles bajos de oxígeno para la germinación. Por ejemplo, especies de humedales o bosques tropicales de llanura aluvial germinan naturalmente durante periodos de inundación alta y responden positivamente a los niveles bajos de oxígeno en el agua (Kurbitzky y Ziburski 1994, Vozzo 2002).

Temperatura

La temperatura influye en el índice y el porcentaje de germinación de las semillas. Algunos patrones de germinación en respuesta a la temperatura incluyen semillas que necesitan temperaturas frías, que toleran temperaturas frías, que necesitan temperaturas cálidas y (o) necesitan temperaturas alternantes (Hartman y otros 1997, Vozzo 2002). Las especies que necesitan temperaturas frías por lo general germinan por debajo de 77 °F (25 °C), lo cual coincide con las altitudes elevadas en regiones tropicales o subtropicales. Las especies que toleran las temperaturas frías germinarán en un amplio rango de temperaturas de

41 a 86 °F (5 a 30 °C). Muchas especies no germinarán bajo temperaturas excesivamente altas. La mayoría de las especies tropicales necesitan temperaturas cálidas y solo germinarán si las temperaturas están por encima de 70 °F (21 °C). Además, algunas especies germinan mejor cuando están expuestas a temperaturas alternantes. Las temperaturas alternantes son especialmente importantes para semillas latentes, recién recolectadas. Varias especies de árboles tropicales germinan en sus porcentajes más altos a temperaturas alternantes de 86/68 °F (30/20 °C) o cuando se les proporciona una diferencia de temperatura de por lo menos 10 °F (5.6 °C) entre el día y la noche. Algunas especies tropicales difíciles de germinar pueden requerir incluso fluctuaciones de temperatura mayores.

Métodos de Siembra de Semillas

Se han utilizado varias técnicas de siembra para plantas nativas (cuadro 9.1) y estas se describen en las siguientes secciones. El proceso de siembra de semillas para la producción en viveros variará según la especie, el tipo de semilla, la calidad de la semilla y el ambiente del vivero.

Siembra Directa

La siembra directa es rápida, fácil y económica porque minimiza la manipulación de las semillas y la mano de obra. Este proceso puede ser mecanizado si se realiza a gran escala. Para que la siembra directa sea eficaz, las semillas deben ser fáciles de manejar, contar con un suministro abundante, tener tratamientos de latencia simples y tener un alto índice de germinación conocido (figura 9.12). Si se mecaniza la siembra directa, las semillas también deben ser de tamaño y forma homogéneos.

El éxito de la siembra directa depende de la precisión en la información de germinación de la semilla. Los cultivadores deben tener en cuenta que el surgimiento real de plántulas puede ser

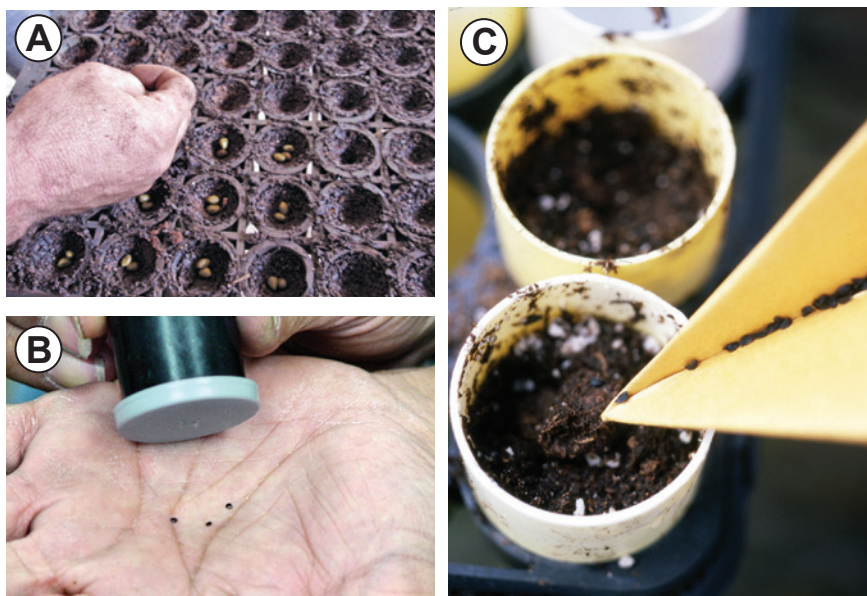


Figura 9.12—La siembra directa funciona bien para las semillas que tienen poca o ninguna latencia (o que han sido tratadas para superar la latencia), son fáciles de manejar y tienen un suministro abundante (A). Se pueden utilizar herramientas sencillas como un recipiente de película (B) o un sobre doblado (C) para sembrar con precisión las semillas pequeñas. Foto A de Douglass F. Jacobs y fotos B y C de Dawn Thomas.

Cuadro 9.1—Métodos de siembra de semillas. Adaptado de Landis y otros (1999).

Método de propagación	Buen método para semillas con las siguientes características	Ventajas	Desventajas
Siembra directa: las semillas se siembran en contenedores	<ul style="list-style-type: none"> Tienen un alto porcentaje de germinación conocido Son asequibles Tienen un suministro abundante Tienen formas suaves y uniformes 	<ul style="list-style-type: none"> Rápido y fácil Económico Minimiza la manipulación de las semillas Todas las semillas se siembran a la vez 	<ul style="list-style-type: none"> Uso menos eficiente del espacio, las semillas y/o el sustrato Es difícil rastrear las causas de una germinación deficiente Puede necesitar el aclareo y/o la consolidación y costos de mano de obra relacionados No es bueno para semillas grandes o con forma irregular
Plantación de germinantes: las semillas que están brotando o germinando en bandejas obolsas se siembran en contenedores cuando las raíces recién están comenzando a emerger	<ul style="list-style-type: none"> Tienen una viabilidad desconocida Son valiosas o raras Tienen requisitos de germinación desconocidos Germinan durante un largo periodo de tiempo o durante la estratificación 	<ul style="list-style-type: none"> Uso eficiente de las semillas Uso eficiente del espacio del vivero Se puede adaptar para una calidad o rendimiento de la semilla desconocidos 	<ul style="list-style-type: none"> Requiere bastante mano de obra Puede resultar en un desarrollo no uniforme del cultivo Es posible la deformación de la raíz Necesita la supervisión frecuente por parte de una persona capacitada
Trasplante de emergentes: las semillas se siembran en bandejas de cultivo o semilleros para germinar; una vez que han germinado y aparecen las hojas, las plántulas se trasplantan a contenedores	<ul style="list-style-type: none"> Están siendo probadas, pero no se trasplantarán para producir un cultivo No responden bien a otros métodos de siembra Tienen una latencia larga o desconocida Bueno para las pruebas para observar el desempeño de la semilla 	<ul style="list-style-type: none"> Útil para especies de raíces fibrosas Uso eficiente de las semillas Uso eficiente del espacio del vivero Se puede adaptar para una calidad o rendimiento de la semilla desconocidos 	<ul style="list-style-type: none"> No se recomienda para especies leñosas y/o de raíces primarias debido a problemas causados por el shock de trasplante o deformación radicular Requiere mano de obra capacitada
Trasplantes de mini cepellón: las semillas se siembran directamente en contenedores pequeños. Después de la germinación, estas se trasplantan en contenedores más grandes	<ul style="list-style-type: none"> Tienen una calidad desconocida Son valiosas o raras Tienen requisitos de germinación desconocidos Tienen semillas muy pequeñas Serán trasplantadas en contenedores grandes 	<ul style="list-style-type: none"> Uso eficiente del espacio Desarrollo uniforme de los cultivos Bajo riesgo de lesión por el trasplante 	<ul style="list-style-type: none"> Necesita dos grupos de contenedores La elección del momento oportuno es fundamental El trasplante manual requiere bastante mano de obra

diferente a los resultados de las pruebas de germinación de laboratorio que se conducen en condiciones ambientales ideales. Los administradores de viveros deben adaptarse a esta discrepancia en base a su propia experiencia operativa. Los cultivadores deben realizar una pequeña prueba de germinación de cada lote de semillas para determinar el porcentaje de germinación de cada lote de semillas. Luego, esos porcentajes se pueden usar para determinar la cantidad de semillas para la siembra directa (ver cuadro 9.2). Seguir estos pasos para una siembra directa exitosa:

- Determinar cuántas semillas se debe germinar para lograr el objetivo de producción.
- Determinar si las semillas se pueden sembrar de forma individual o si se necesitarán múltiples semillas para alcanzar el objetivo de producción (ver las siguientes secciones).

- Limpiar y tratar las semillas según sea necesario para romper la latencia.
- Sembrar las semillas, idealmente colocando las semillas en el centro de cada contenedor. Algunas semillas requieren una orientación específica para un crecimiento y desarrollo óptimos; de ser así, asegurarse de que las semillas se siembren en la orientación correcta.
- Dependiendo de los requisitos de luz para la especie, cubrir las semillas con la cantidad correcta de mantillo.
- Regar las semillas con cuidado usando un cabezal de riego fino para presionarlas en el sustrato.

Siembra de Múltiples Semillas y Aclareo

La siembra de más de una semilla en cada contenedor con la expectativa de que por lo menos una germine es la práctica más común de siembra directa. La cantidad de semillas para sembrar se puede calcular en base al porcentaje de germinación esperado de la semilla. Por lo general se siembra de dos a cinco semillas por contenedor. Como regla general, no se recomienda la siembra directa para semillas con menos de 50% de germinación debido a que la alta densidad de semillas no viables en el contenedor puede causar problemas de enfermedades, se deberá hacer menos densos más contenedores y se desperdiciarán varias plantas (figura 9.13). El cuadro 9.2 proporciona recomendaciones generales sobre la cantidad de semillas que se debe sembrar por contenedor en base al porcentaje de germinación. En cierto punto, agregar más semillas por contenedor no aumenta realmente la cantidad de contenedores con plantas (cuadro 9.3), pero sí aumenta drásticamente la cantidad de contenedores con demasiadas plantas y la cantidad de semillas desperdiciadas. A veces, puede ser mejor sembrar de



Figura 9.13—Calcular y probar los índices de germinación ayudará a reducir costos y problemas relacionados con el aclareo. Foto de Thomas D. Landis.

Cuadro 9.2—Para una germinación de semillas específicas, al aumentar la cantidad de semillas sembradas por contenedor aumenta la cantidad de contenedores llenos. En general, un objetivo de 95% a 90% de contenedores llenos es razonable. Adaptado de Dumroese y otros (1998).

Porcentaje de germinación de semillas	Semillas para sembrar por contenedor	Porcentaje de contenedores con al menos una plántula
90 +	1 a 2	90 a 100
80 a 89	2	96 a 99
70 a 79	2	91 a 96
60 a 69	3	94 a 97
50 a 59	4	94 a 97
40 a 49	5	92 a 97

Cuadro 9.3—Un ejemplo de siembra para un lote de semillas de *Acacia koa* con un índice de germinación de 65%. Suponiendo que se desea obtener 1,000 plántulas, observar que agregar más de tres semillas por contenedor realmente no mejora la cantidad de contenedores con plántulas y desperdicia muchas semillas. Adaptado de Dumroese y otros (1998).

Semillas sembradas por contenedor	Contenedores vacíos (%)	Contenedores con al menos una plántula (%)	Semillas sembradas	Plántulas producidas
1	35	65	1,000	650
2	12	88	2,000	880
3	4	96	3,000	960
4	1	99	4,000	990
5	0	100	5,000	1,000

forma individual las semillas en unos cuantos contenedores que hacer menos densas las plántulas adicionales de varios contenedores. Por ejemplo, la siembra de una sola semilla por contenedor de un lote de semillas con 85% de germinación produce 15% de contenedores vacíos, mientras que la siembra de dos semillas por contenedor produce solo 2% de contenedores vacíos, no obstante, la siembra de la semilla adicional requiere el aclareo de 72% de los contenedores. Al administrador del vivero le podría haber ido mejor, en términos de eficiencia en el uso de semillas y mano de obra, sembrando simplemente 10% más contenedores en lugar de pagar por la mano de obra para el aclareo. Por lo tanto, la cantidad de semillas para sembrar por contenedor se determina en función de la germinación, la disponibilidad de las semillas, el espacio del vivero, los costos de aclareo, etc.

Cuando más de una plántula germina en el mismo contenedor, las plántulas compiten por la luz, el agua y los nutrientes. Esta competencia resulta en índices de crecimiento inicial más bajos y requiere el aclareo de las plántulas (recorte, entresacado o retiro del contenedor). Por esta razón, se debe realizar el aclareo tan pronto como sea posible después de que emerjan las plántulas. El aclareo es una práctica que requiere bastante mano de obra y puede dañar las plántulas restantes si no se hace correctamente. Capacitar a los trabajadores para que realicen el aclareo de las plantas con mucho cuidado y para que sigan estas pautas:

- Aclarar los germinantes lo antes posible; cuanto más se desarrolle el sistema radicular, más difícil será el aclareo.
- Conservar la plántula más fuerte que esté más cerca al centro del contenedor. El aclareo es una oportunidad para seleccionar las plántulas más saludables al mismo tiempo que se eliminan las plantas inferiores.
- Jalar o cortar las plantas adicionales. Para especies con una raíz primaria larga y delgada durante la germinación (como las plántulas de pino), se pueden jalar fácilmente las plántulas adicionales antes de que desarrollen raíces secundarias. Para especies con sistemas radiculares vigorosos y fibrosos, podría ser mejor cortar las plantas adicionales a la altura del tallo con tijeras afiladas o con las uñas.
- Desechar las plantas extraídas en el compost o la basura.
- Revisar las plántulas restantes y corregir cualquier perturbación causada por el proceso de aclareo. (Por ejemplo, si el aclareo perturbó el mantillo, acomodarlo para que la plántula tenga el mejor ambiente posible).

Siembra de una Sola Semilla

A veces, sobre todo cuando hay pocas semillas o son costosas o se espera que tengan una germinación cercana al 100%, se pueden sembrar las semillas de forma individual en los contenedores. Esta práctica garantiza que cada semilla tenga el potencial de convertirse en una planta y no será necesario el aclareo. Si se necesita una cantidad específica de plantas, entonces sembrar en contenedores adicionales, a menudo se conoce

esto como “siembra adicional,” para compensar cualquier celda vacía. La cantidad de contenedores adicionales para sembrar se puede calcular en base al porcentaje de germinación. Si un lote de semillas tiene solo 78% de germinación, para 100 plantas se debe sembrar por lo menos 28 contenedores adicionales (100 plántulas deseadas/0.78 índice de éxito = 128 contenedores necesarios). Podría ser necesario aumentar la cantidad de contenedores sembrados adicionalmente para compensar las pérdidas de plántulas durante el ciclo de cultivo.

La siembra adicional funciona mejor si el vivero tiene espacio extra y usa contenedores con celdas individuales intercambiables porque se puede consolidar los contenedores con plantas vivas y retirar los contenedores adicionales (ver el Capítulo 7, Contenedores). La siembra de forma individual es eficaz porque no se desperdician las semillas y las plantas que emergen no están sujetas a la competencia o al estrés del aclareo como lo estarían con la técnica de siembra múltiple. Sin embargo, la siembra adicional desperdicia materiales de plantación y espacio en las mesas de cultivo, y la consolidación de los contenedores vacíos requiere bastante mano de obra.

Siembra de Germinantes

La siembra de germinantes (“siembra de brotes”) es la práctica de sembrar semillas que están germinando (o brotando) en el contenedor cuando aparece su raíz joven (figura 9.14). Cuando esto se realiza correctamente, la siembra de germinantes garantiza la colocación de una semilla viable en cada contenedor, usando de forma eficiente el espacio y las semillas. Las plántulas resultantes son a menudo más grandes porque pueden comenzar a crecer inmediatamente sin competencia. Esta técnica puede necesitar bastante mano de obra, pero resulta en un mínimo de desperdicio de materiales y espacio. La siembra de germinantes funciona mejor para las semillas que—

- Pertenecen a un lote de semillas raras o valiosas.
- Tiene un porcentaje de germinación bajo o desconocido.



Figura 9.14—Los germinantes deben ser sembrados tan pronto como la radícula emerge del tegumento. Foto de Tara Luna.

- Son grandes o tienen forma irregular.
- Germinan en la estratificación.
- Tienen una latencia profunda latencia y germinan durante un largo periodo de tiempo.
- Producen rápidamente una raíz larga después de la germinación (como es el caso de varias especies del desierto y semi-desierto).

La siembra de germinantes es un proceso relativamente simple. Las semillas se tratan según sea necesario y luego se germinan en bandejas o bolsas. Las semillas se pueden esparcir entre capas de hojas de papel toalla húmedas o cartón húmedo. Las semillas más grandes a veces se colocan en bolsas de plástico llenas con un sustrato húmedo como el musgo de turba *Sphagnum*. Las semillas se espacian juntas, pero lo suficientemente separadas para que en caso se forme moho este no se extienda. Las semillas se revisan cada algunos días. Después de que las semillas empiezan a germinar, estas se deben revisar diariamente. Todos los días se retiran las semillas germinadas y se plantan directamente en el sustrato en sus contenedores. Las

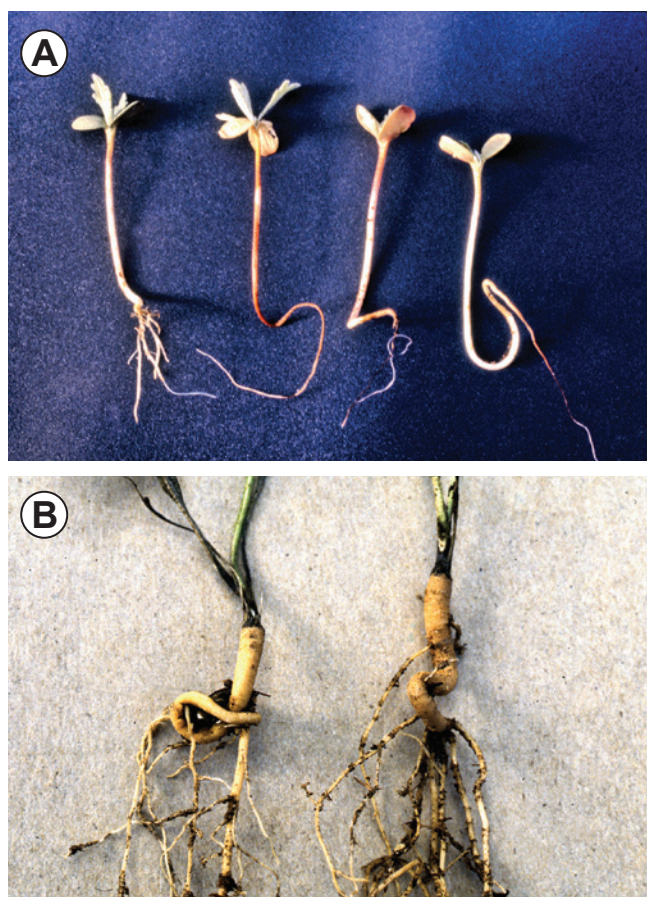


Figura 9.15—Cuando se plantan germinantes, las semillas se deben sembrar tan pronto como la radícula sea visible y deben estar orientados correctamente. La orientación incorrecta conlleva a una deformación radicular grave en especies leñosas (A, B). Foto A de Thomas D. Landis y foto B de R. Kasten Dumroese.

semillas más grandes se pueden plantar a mano, mientras que las más pequeñas con frecuencia se siembran usando pinzas.

La elección del momento oportuno y la orientación de la raíz son fundamentales cuando se siembran germinantes. Se debe sembrar las semillas en los contenedores tan pronto como surja la raíz. La raíz embrionaria, conocida como “radícula,” debe ser corta, idealmente no mayor a 0.4 pulg (1 cm). Si la radícula es muy larga, podría ser difícil plantarla sin causar la deformación de la raíz (figura 9.15). Algunos cultivadores prefieren podar la radícula de especies con raíces primarias antes de plantar para procurar un sistema radicular más fibroso. No se corta más que la punta (hasta extendiéndose hacia abajo. Después de que las semillas estén plantadas correctamente, el sustrato debe ser firme alrededor de la raíz y la semilla debe estar cubierta con el mantillo.

Una ventaja de la plantación de germinantes es que el proceso de germinación es más visible para los cultivadores que cuando las semillas son sembradas directamente. Se puede supervisar mejor el tiempo de germinación y es más fácil rastrear las causas de problemas de germinación; no obstante, debido a que las semillas en las bandejas o las bolsas están muy cerca unas de las otras, un moho o patógeno puede contaminar todas las semillas si no se monitorean adecuadamente. La mano de obra es necesaria para revisar la germinación de forma rutinaria. Se necesita habilidad para lograr la orientación apropiada al plantar las semillas y la siembra se debe realizar de manera oportuna. Debido a que los germinantes pueden brotar en el transcurso de varias semanas o incluso más para algunas especies, el desarrollo de los cultivos será más variable y requerirá tratamientos culturales especiales.

Trasplante de Emergentes

El trasplante de emergentes (“repicado”) es una práctica para germinar semillas en un área pequeña. Las semillas se siembran a mano en bandejas poco profundas que por lo general se llenan con aproximadamente 2 pulg (5 cm) de sustrato de musgo de turba-vermiculita o similar (figura 9.16). Poco después de que germinen las semillas, estas se “repican” de la bandeja y se trasplantan en un contenedor. Esta técnica no se recomienda para plantas leñosas y otras especies con raíz primaria porque a menudo se producen problemas en la raíz.

El trasplante de emergentes funciona mejor cuando—

- Las especies tienen un sistema radicular fibroso que se recupera bien del trasplante (plantas herbáceas sin raíz primaria, pastos, cárices y espartos).
- Se usan pruebas o ensayos para observar los tratamientos de las semillas, el tiempo o el porcentaje de germinación, el índice de crecimiento temprano u otros problemas de desarrollo temprano.
- Las semillas son muy pequeñas o frágiles para ser sembradas usando cualquier otro método.



Figura 9.16—Para trasplantar emergentes, las semillas se siembran a mano en bandejas que usualmente están cubiertas con alrededor de 2 pulg (5 cm) de sustrato de musgo de turba-vermiculita. Para prevenir la deformación de la raíz, es importante que las bandejas sean lo suficientemente profundas para que las raíces no toquen el fondo antes de trasplantar los emergentes. Foto de Thomas D. Landis.

- Las semillas tienen una latencia muy compleja o germinan durante un largo periodo de tiempo.
- El espacio de cultivo limitado del vivero hace que la siembra directa sea poco económica.
- Se ha previsto que el momento oportuno para el trasplante de emergentes es inmediatamente.

Las siguientes son algunas desventajas importantes—

- El potencial de enfermedades es alto en bandejas plantadas densamente.
- La orientación de la raíz y la elección del momento oportuno son fundamentales; se pueden producir malformaciones de la raíz y otros problemas si se descuidan.
- El trasplante requiere habilidad y bastante mano de obra.

Se necesita capacitación, cuidado, momento oportuno y técnica adecuada para preparar las bandejas para las plántulas, sembrar las semillas y trasplantar los emergentes correctamente.



Figura 9.17—Desarrollo de raíces y brotes en varias etapas después de la germinación del arbusto costero caribeño, *Chrysobalanus icaco*. Esta especie de semillas grandes se trasplanta fácilmente en estas etapas. Foto de Brian F. Daley.

Como con muchas otras operaciones del vivero, se produce cierto ensayo y error para encontrar la mezcla de sustrato y la profundidad de bandeja que funcionen mejor para cada especie. Las semillas más grandes se esparcen a mano sobre la superficie del sustrato humedecido o se colocan dentro de hendiduras en el sustrato. Las semillas más pequeñas se pueden sembrar usando un salero con agujeros agrandados. Después, las semillas sembradas se cubren aplicando ligeramente un mantillo o sustrato de textura fina, se riegan y se colocan en un ambiente favorable para la germinación. Si bien el tamaño o la edad exactos para trasplantar las plántulas germinantes varía según la especie, por lo general, esto se realiza durante la etapa de hoja primaria (después de emerjan los cotiledones) y mucho antes de que los sistemas radiculares alcancen el fondo de la bandeja con semillas (figura 9.17).

Los emergentes se retiran con cuidado de la bandeja, usualmente aflojando con suavidad el sustrato a su alrededor (figura 9.18A). Se hace un pequeño agujero en el sustrato del contenedor y se trasplanta cuidadosamente el germinante,

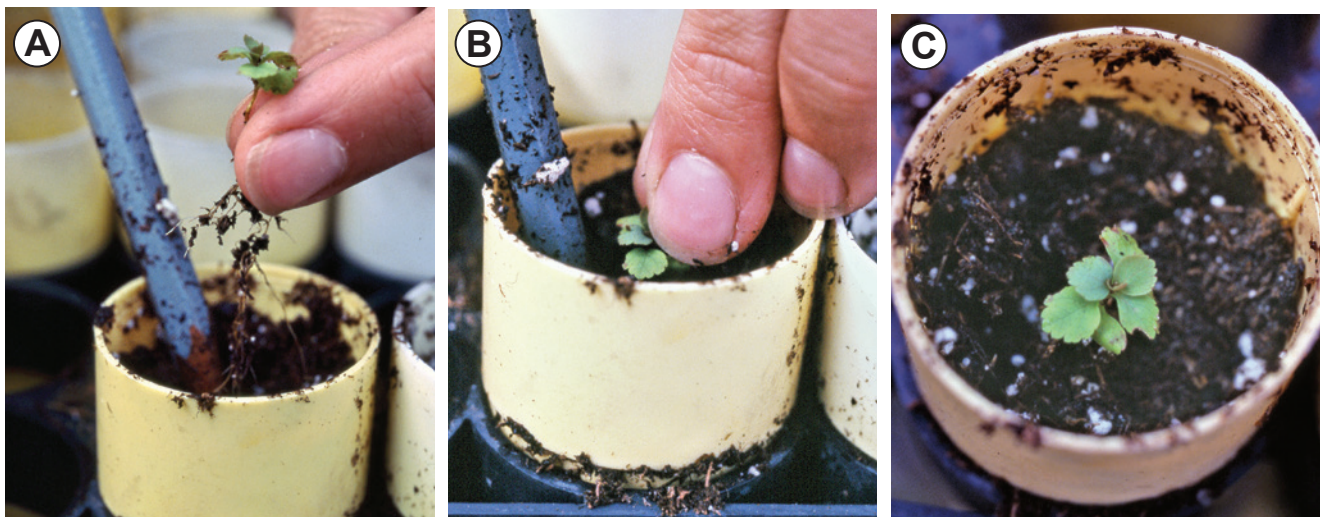


Figura 9.18—El trasplante de emergentes funciona bien para arbustos con raíces fibrosas, plantas herbáceas y pastos. Se debe tener mucho cuidado para levantar el emergente de la bandeja de repicado sin dañar las raíces (A) y para trasplantarlo de forma cuidadosa y adecuada en el nuevo contenedor lleno con un sustrato humedecido (B, C). Fotos de Tara Luna.

asegurándose de que la orientación de la raíz sea la adecuada (figura 9.18B). Algunas especies se benefician de la poda de la raíz antes del trasplante. Después, se ajusta el sustrato del contenedor alrededor de la raíz y del tallo (figura 9.18C).

Cuando el momento no es el correcto o la ejecución es inadecuada, especialmente en especies leñosas con raíces primarias, el trasplante de emergentes puede producir una “raíz J” o torcedura en el tallo o la raíz de la semilla (figura 9.19). Estas malformaciones pueden causar debilidad mecánica, crecimiento deficiente en el vivero y, más adelante en el campo, mortalidad después del trasplante en exteriores. Por lo tanto, a menos que ningún otro método de siembra funcione, no se aconseja el trasplante de emergentes de plantas leñosas.

Trasplante de Cepellones

Los contenedores de volumen pequeño, como los mini cepellón (figura 9.20) o los comprimidos de turba, en los que se siembra directamente las semillas (ver el Capítulo 7, Contenedores), se pueden trasplantar a un contenedor más grande después de que las plántulas estén bien arraigadas. El trasplante de cepellones pequeños presenta varias ventajas. El contenedor del cepellón pequeño conserva una raíz con forma saludable porque



Figura 9.19—Trasplantar los emergentes temprano para evitar la malformación de la raíz. Se permitió que esta plántula de palmera se agrandara demasiado en la bandeja y esto ocasionó que la raíz creciera en un ángulo de 90°. Esta malformación de la raíz resultará en un crecimiento y rendimiento deficientes más adelante en la vida de la planta. Foto de Brian F. Daley.

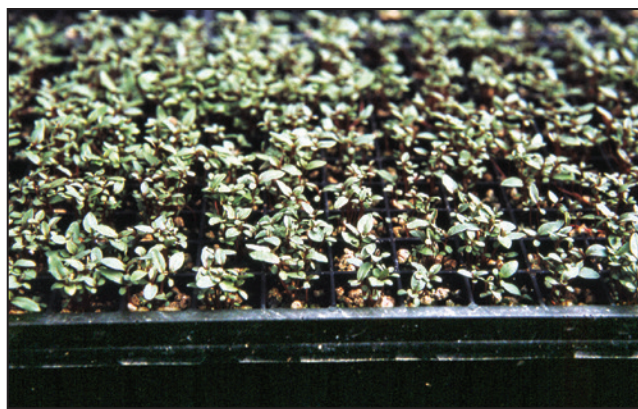


Figura 9.20—Los mini cepellones son una opción viable para cultivar plántulas que más adelante serán trasplantadas a un contenedor más grande. Los mini cepellones funcionan muy bien con especies con semillas muy pequeñas. Foto de Tara Luna.

se elimina el daño a las raíces durante el trasplante. La plantación de cepellones pequeños también hace un uso eficiente del espacio de cultivo. Grandes cantidades de cepellones pequeños se pueden cultivar en un área muy pequeña y manejar estrechamente durante la germinación y el crecimiento temprano.

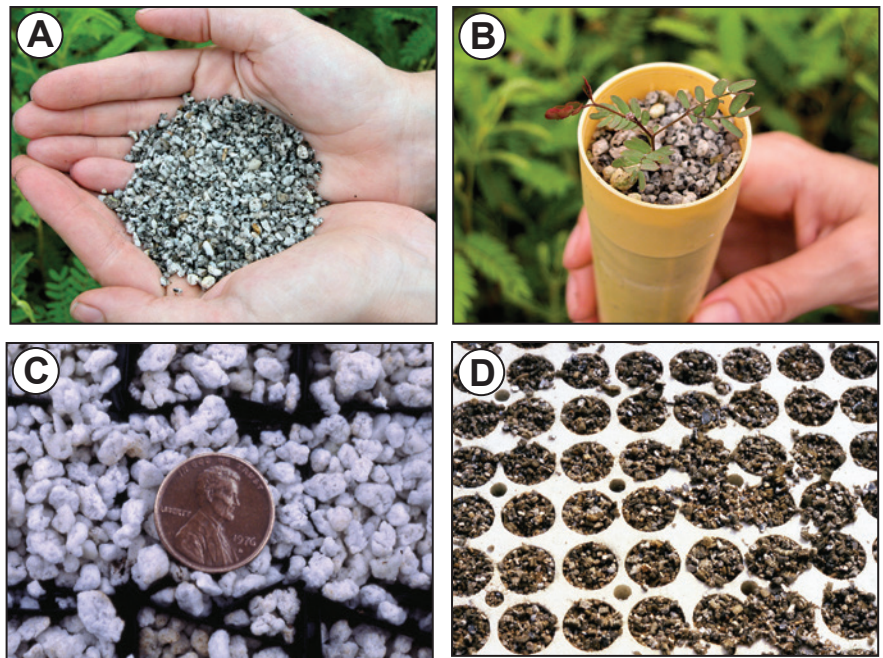
Las plantas cultivadas en contenedores mini cepellón deben tener un cepellón lo suficientemente firme como para mantener unido el cepellón y soportar el proceso de trasplante, al mismo tiempo, no deben tener tantas raíces para que las raíces no se anuden ni deformen después del trasplante. Si se usan comprimidos de turba, la poca cantidad de raíces no es un problema porque se puede trasplantar el comprimido completo. En el contenedor grande, se hace un agujero en el sustrato lo suficientemente amplio como para acoger al cepellón y luego se inserta con cuidado la plántula que ha crecido en el cepellón pequeño. Los sembradores deben asegurarse de que las raíces crezcan rectas hacia abajo y no se deformen durante el trasplante. El sustrato está ligeramente firme alrededor del sistema radicular, se aplica el mantillo y se riega la planta.

El trasplante de cepellones pequeños requiere bastante mano de obra y habilidad. En algunas zonas áridas y ventosas, los cepellones pequeños no son prácticos porque se secan muy rápido entre riegos. Antes de invertir en cepellones pequeños a gran escala, se recomienda realizar una pequeña prueba.

Cubiertas para Semillas (Mantillo)

Independientemente del método de siembra de las semillas, se recomienda la aplicación de una cubierta para semillas o “mantillo” para crear un ambiente óptimo para la germinación de las semillas. La única excepción es para especies que necesitan luz para germinar. Por lo general, el mantillo es un

Figura 9.21—Los mantillos para semillas son importantes para mantener las semillas en su lugar y para moderar la temperatura superficial del sustrato durante la germinación. Los mantillos comunes incluyen la arena para aves (A, B), la perlita (C) y la vermiculita (D). Fotos A y B de Craig R. Elevitch y fotos C y D de Thomas D. Landis.



material no orgánico de color claro que se esparce finamente sobre las semillas. Ejemplos de mantillos incluyen: arenilla de granito (como la arena para aves) (figuras 9.21A, 9.21B), piedra pómez, perlita (figura 9.21C), arena gruesa o vermiculita (figura 9.21D). Cuando se aplica correctamente, el mantillo—

- Crea un ambiente ideal “húmedo, pero no saturado” alrededor de las semillas germinantes haciendo una ruptura en la textura del sustrato del contenedor (el agua no se moverá del sustrato al mantillo).
- Mantiene las semillas en su lugar. Esta práctica mejora el contacto con el sustrato y minimiza la cantidad de semillas arrastradas fuera de los contenedores por el riego o la lluvia.
- Refleja el calor cuando el mantillo es de color claro, de forma que las semillas no se calientan demasiado en días soleados y luminosos.
- Reduce el desarrollo de musgos, algas y hepáticas (figura 9.22).

La profundidad recomendada para la cubierta para semillas varía según la especie; una regla general es cubrir la semilla a una profundidad el doble de tamaño que el ancho de la semilla. Si el mantillo es poco profundo, las semillas podrían flotar en el agua de riego. Si el mantillo es muy profundo, las plantas pequeñas podrían no ser capaces de brotar por encima de él (figura 9.23).

Las semillas que necesitan luz se deben dejar descubiertas. Las semillas que son muy pequeñas se deben dejar descubiertas o cubrir las ligeramente con un material de textura fina como perlita de grado fino o musgo de turba Spahgnum molido. Las semillas descubiertas y cubiertas ligeramente deben ser rociadas mediante aspersión fina con frecuencia para evitar que se

sequen. Después de que broten las especies que necesitan luz y las que son sensibles a la luz, se puede aplicar el mantillo para prevenir el crecimiento de musgos y hepáticas, y para ayudar a mantener el sustrato húmedo.

Probar distintas Técnicas de Siembra y Mantener Registros Detallados

Los cultivadores de plantas nativas a menudo trabajan con semillas de especies que aún no han sido propagadas en viveros. Existe poca literatura o experiencia disponibles para responder a preguntas sobre los requisitos para romper la latencia de las semillas, las demandas ambientales, los porcentajes de germinación y otros factores. Comprender



Figura 9.22—El mantillo ayuda a prevenir el desarrollo de musgos y hepáticas, los cuales pueden competir con la plántula. Foto de Thomas D. Landis.

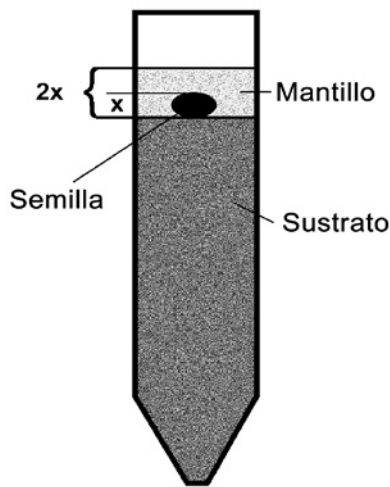


Figura 9.23—Una regla general al cubrir las semillas con un mantillo es cubrir la semilla a una profundidad el doble de tamaño que el ancho de la semilla. Nunca se debe cubrir con mantillo a las especies que necesitan luz para germinar, no obstante, se puede agregar el mantillo después de la germinación para reducir el crecimiento de musgos, hepáticas y malezas. Ilustración de Jim Marin.

la biología y la ecología de las plantas tropicales proporcionará pistas importantes sobre cómo superar la latencia de las semillas (si la hubiese) y cómo proporcionar las condiciones ambientales correctas necesarias para la germinación.

Es importante desarrollar un buen sistema de registro para refinar y mejorar los resultados a lo largo del tiempo y prevenir la pérdida de información valiosa. Es necesario conservar los detalles sobre la información general de la especie, el lote de semillas, los tratamientos de las semillas y la germinación resultante. Para mejorar los resultados de la propagación, utilizar estos detalles para desarrollar y refinar los protocolos de propagación, tal y como se describe en el Capítulo 4, Planificación de los Cultivos: Protocolos de Propagación, Cronogramas y Registros.

Dado que los cultivadores tienen varias opciones para sembrar las semillas, es una buena idea realizar pequeñas pruebas con los distintos métodos descritos en este capítulo (figura 9.25). Para más información sobre las formas adecuadas para realizar pruebas, ver el Capítulo 20, Descubrir Formas para Mejorar las Prácticas del Vivero y la Calidad de las Plantas. Si bien varios métodos pueden “funcionar,” es decir pueden producir una planta viable, la pregunta durante las pruebas debe ser: ¿Qué método es óptimo? Las pruebas nos ayudarán a decidir cómo responder a esta pregunta nosotros mismos.

Mayor Responsabilidad de los Viveros en la Conservación de las Especies

Cada semilla es un vínculo entre los procesos evolutivos del pasado y el potencial de adaptación en el futuro (Flores 2002). Cuando se limpian, tratan y germinan las semillas para que crez-

can los cultivos, hay que ser conscientes de cómo nuestras acciones afectan la diversidad genética y la capacidad para adaptarse al futuro de esa especie. Debemos hacer nuestro mejor esfuerzo para mantener tanta diversidad genética como sea posible dentro de las especies que propagamos.

A menudo, los viveros participan en la selección genética más allá de las prácticas de recolección de semillas, intencionalmente o no. Por ejemplo, los cronogramas de producción pueden hacer que los cultivadores favorezcan individuos que germinan más rápido por encima de los que germinan más lento dentro de la misma especie, a pesar de que la calidad de la planta resultante sea similar. Para algunas especies, los individuos que brotan primero pueden ser los más saludables. No obstante, en otros casos, el brotar más tarde puede ser un rasgo adaptativo; el cual podría descartarse accidentalmente debido a las prácticas del vivero. Un seguimiento al rendimiento de la planta en el campo puede revelar si realmente los individuos que germinan más lento crecen bien. De ser así, no hay razón por la cual descartar a estos individuos con las prácticas del vivero y todos los motivos para mantener sus rasgos en el patrimonio genético. En este ejemplo, el simple hecho de plantar a los individuos que germinan más lento, así como a los que germinan más rápido, podría proteger la diversidad. Este ejemplo es solo uno que muestra cómo los distintos pasos en la recolección, el almacenamiento, la germinación y la siembra de semillas pueden afectar la genética de las plantas posteriores. El deseo de obtener cultivos de tamaño uniforme y un cronograma estandarizado debe ser equilibrado con la necesidad de proteger y perpetuar las especies y la diversidad genética.

Los viveros también pueden desempeñar un papel cada vez mayor en la conservación de las especies tropicales ayudando a proteger y restaurar la diversidad genética de especies recalcitrantes (especies cuyas semillas no se almacenan bien). Probablemente conoce el concepto de “bancos de semillas,” instalaciones para el almacenamiento de semillas que se usan como reservas para proteger y restaurar especies en caso de que sus hábitats estén amenazados. Los bancos de semillas también se utilizan para algunos cultivos alimentarios tradicionales que se han vuelto raros con la agricultura convencional. Los bancos de semillas funcionan bien para las especies ortodoxas, cuyas semillas se pueden almacenar durante muchos años y seguir siendo viables. Sin embargo, en ecosistemas tropicales, las especies recalcitrantes son tan numerosas e importantes como las especies ortodoxas. Debido a esta distinción, muchas especies tropicales no pueden ser “depositadas” en bancos de semillas convencionales. En su lugar, los viveros y los esfuerzos de propagación de plántulas jugarán papeles importantes en cualquier esfuerzo por conservar y restaurar especies tropicales recalcitrantes (Kettle y otros 2011).

Germinación de Esporas de Helechos

Los helechos (figura 9.24) y los aliados de los helechos (lunarios, musgos y colas de caballo) difieren de las plantas de semillas en el hecho de que producen esporas en lugar de semillas. Comprender el ciclo de vida de los helechos es esencial para su propagación exitosa en los viveros.

Los helechos tienen dos etapas de vida: el gametofito y el esporofito, siendo este último la planta de helecho que produce esporas con la que todos estamos familiarizados. Los esporangios (estructuras que portan esporas) se colocan de diversas maneras en la superficie inferior de las hojas y se producen en grupos conocidos como soros. En muchas especies, los soros están cubiertos por brotes especializados de la hoja, conocidos como indusio, el cual se levanta y arruga cuando las esporas están maduras. Una capa especializada de células en los tallos de las esporas, conocida como anillo, se contrae y expande y las esporas maduras se diseminan con una descarga tipo catapulta.

Después de que las esporas se diseminan, estas germinan al entrar en contacto con un sustrato debidamente húmedo. La germinación de las esporas resulta en el gametofito, el cual inicia su desarrollo como una pequeña cadena de células parecida a las algas y de color verde pálido conocida como filamento germinal. El desarrollo continúa hasta una estructura plana en forma de corazón llamado protalo. Los zarcillos delgados, conocidos como rizoides, se desarrollan en la superficie inferior del protalo. Las estructuras reproductivas, los anteridios (masculino) y los arquegonios (femenino), se desarrollan en la superficie inferior del protalo. Por lo general, los anteridios aparecen antes que los arquegonios, en su mayoría cerca de los rizoides. Los arquegonios aparecen cerca de la hendidura del protalo.

Debe haber agua presente para que el esperma nade desde los anteridios a los óvulos en los arquegonios. Después de la fecundación, el esporofito joven recibe sus nutrientes del gametofito a través de una estructura similar a un pie. El desarrollo posterior es rápido y, después de que el esporofito alcanza un nivel de fotosíntesis suficiente para mantenerse a sí mismo, el gametofito se desintegra. El esporofito completa el ciclo de vida cuando se convierte en una planta de helecho madura y produce esporas.

Propagación de Helechos

Al propagar helechos, es sumamente importante mantener un alto nivel de saneamiento durante todas las fases del desarrollo del helecho. Para recolectar esporas de helecho, encontrar frondas de helecho con soros maduros (color marrón oscuro, negro o dorado). Cortar un pedazo de la fronda. Colocar cada pedazo de fronda en un sobre de papel, bolsa de papel o entre dos hojas de papel. Esperar de 24 a 48 horas para que las esporas caigan sobre el papel y luego recolectar (Lilleeng-Rosenberger 2005). Retirar el material que no son esporas reduce las posibilidades de contaminación por hongos, algas o bacterias durante la germinación de las esporas. Se pueden esterilizar las esporas agregándolas a una solución de lejía de 2% a 5% con una pequeña gota de agente humectante, lo que evita que las esporas se peguen entre sí. Remojar durante unos segundos a 1 minuto. Recoger las esporas en papel de filtro y enjuagarlas por completo con agua destilada durante 2 minutos (Hoshizaki y Moran 2001).

Germinar las esporas usando bandejas de cultivo para propagación esterilizadas con una profundidad de por lo menos 2 pulg (5.2 cm) con orificios de drenaje. Se pueden usar cubos de turba, comprimidos de turba o un ladrillo de arcilla esterilizado colocado dentro de un contenedor hermético tipo caja de zapatos de plástico transparente. También se puede utilizar cualquier mezcla de cultivo comercial esterilizada sin fertilizantes añadidos. Humedecer bien el sustrato con agua destilada antes de sembrar.

Las esporas se pueden sembrar rociándolas sobre la superficie del sustrato con un atomizador o liberando pequeñas cantidades de esporas mediante una jeringa con agua destilada. Otra opción es sumergir un hisopo de algodón en un sobre lleno de esporas y luego aplicar las esporas sobre el sustrato usando el hisopo de algodón.

Después de sembrar, regar con agua destilada y cubrir inmediatamente con una tapa de plástico transparente para sellar la humedad y evitar la contaminación por hongos. Colocar las bandejas de cultivo bajo una iluminación de 150 a 500 pie candelas. Si se usa luz artificial (fluorescente blanco frío), dejar las luces encendidas durante 8 a 24 horas por día. La temperatura óptima para la germinación de esporas es de 68 a 86 °F (20 a 28 °C). Tratar de mantener una temperatura de germinación constante para evitar la condensación excesiva en las bandejas de cultivo selladas. Se debe aplicar agua destilada cuando el sustrato comience a secarse ligeramente en la superficie. También es importante supervisar atentamente las bandejas de cultivo para detectar cualquier contaminación fúngica. Las esporas germinan entre 10 a 20 días después de la siembra. Si se necesitase riego adicional, solo regar con agua destilada usando una botella atomizadora estéril o colocando las bandejas de cultivo en bandejas llenas de agua destilada.

La presencia de moho puede requerir tratamientos especiales. Detener el riego elevado. Asegurarse de que el agua no gotee excesivamente sobre las plantas debido a la condensación. Retirar el moho y por lo menos 12 mm (0.5 pulg) de tejido vegetal y sustrato alrededor del área infectada. Si la infección continúa, aplicar un fungicida leve que indique en la etiqueta su uso en helechos.

Poco después de la germinación de las esporas, con la ayuda de un microscopio se podrá observar un filamento germinal parecido a un hilo. Por lo general, los protalos son visibles 20 días después de la siembra. Los protalos siguen creciendo hasta por 10 semanas antes de que las estructuras reproductivas, los anteridios y los arquegonios, se hagan evidentes en la superficie inferior del protalo. Estas estructuras se pueden observar con un microscopio al muestrear algunos protalos de la bandeja. Después de que aparecen estas estructuras, es importante mantener una película fina de agua destilada sobre la superficie de los protalos. Es muy importante mantener las superficies de germinación húmedas de forma pareja en todo momento.

Se retira la tapa de plástico transparente del contenedor cuando los anteridios se hayan marchitado y desaparecido, usualmente 4 semanas después de su aparición inicial. Después, se transfieren las bandejas de cultivo de debajo de las luces interiores a un invernadero protegido de la luz. Las plantas de helecho (esporofitos) jóvenes con hojas verdaderas y un sistema radicular en desarrollo aparecerán en algún momento después de la fecundación; esto puede tardar desde unas cuantas semanas a unos cuantos meses. Luego, las plantas pueden ser trasplantadas a contenedores individuales.



Figura 9.24—helecho nativo de Hawái, una especie de *Sadleria*. Foto de J.B. Friday.



Figura 9.25—Los pequeños ensayos de germinación de las semillas y las opciones de siembra nos ayudarán a descubrir el enfoque más efectivo para las diferentes especies. Foto de Brian F. Daley.

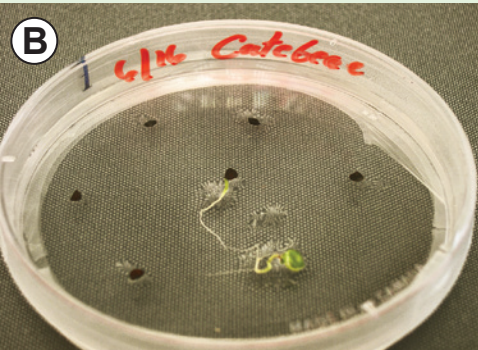


Figura 9.26—Las semillas de *Catesbaea melanocarpa* que se muestran aquí en forma de fruto, corte transversal del fruto y semillas limpias (A) fueron evaluadas en placas estériles (B) para desarrollar un protocolo de germinación exitoso para esta especie en peligro de extinción (C). Fotos de Brian F. Daley.

Ensayos para Desarrollar un Protocolo de Propagación Exitoso para una Especie en Peligro de Extinción

La *Catesbaea melanocarpa*, proveniente de Puerto Rico y las Islas Vírgenes de los Estados Unidos, se considera federalmente una especie en peligro de extinción en toda su área de expansión. Las semillas (figura 9.26A) son pequeñas y difíciles de trabajar.

Se descubrió unos cuantos individuos de *Catesbaea melanocarpa* en un pastizal después de que un incendio forestal quemara el pasto y el sotobosque que los cubría. Con tan pocas plantas restantes y en peligro de futuros incendios, la propagación por semillas se convirtió en una prioridad. Después de meses de monitoreo, se recolectó aproximadamente una docena de frutas maduras, cada una con un promedio de ocho semillas pequeñas y planas. Las semillas eran muy pequeñas para ser sembradas y monitoreadas de forma eficaz en bandejas de semillas tradicionales. Debido a su tamaño pequeño y escasez, investigadores de la Universidad de las Islas Vírgenes decidieron tratar las semillas de forma similar a como manejan las semillas de orquídeas. Se prepararon placas estériles con agar (gel) rico en sacarosa y se colocó de 6 a 8 semillas en cada una de las 10 placas (figura 9.26B). Este método intensivo de germinación permitió realizar observaciones diarias a cada semilla recolectada. Menos de la mitad de las semillas germinaron y una disección posterior reveló que las semillas que no germinaron eran más pequeñas que las que sí lo hicieron y no tenían embriones. Cuando los germinantes produjeron hojas adultas, se trasplantó toda la placa a macetas para plantas con una mezcla de ProMix (mezcla de turba, perlita y vermiculita) y arena gruesa. Más del 25% de las plantas se desecaron y murieron poco después del trasplante. El resto de las plantas arraigó, pero creció lentamente. Incluso con la adición de arena, el sustrato parecía ser demasiado grueso para las plantas pequeñas.

Más adelante en la estación, se recolectaron más frutos. Los investigadores sabían ahora que probablemente la mitad de las semillas eran viables y que las semillas más pequeñas y malformadas podían desecharse porque no tienen embriones. Los investigadores añadieron vermiculita a la mezcla de sustrato y lo tamizaron a través de una criba. Las semillas se sembraron directamente en el nuevo sustrato fino y germinaron en bandejas en el invernadero con 80% de éxito (figura 9.26C). El segundo grupo de plántulas creció más vigorosamente y no sufrió la conmoción de trasplante que mató a las plantas en el primer ensayo.

El primer ensayo dio lugar a descubrimientos sobre la viabilidad de las semillas e identificó problemas con el sustrato y la conmoción de trasplante. El segundo ensayo usó esta información y resultó en altos índices de germinación y plántulas saludables de una planta federalmente en peligro de extinción en el invernadero.

Referencias

- Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 1998. Seeds: ecology, biogeography and evolution in dormancy and germination. San Diego, CA: Academic Press. 666 p.
- Baskin, C.C.; Baskin, J.M. 2004. Determining dormancy-breaking and germination requirements from the fewest numbers of seeds. In: Guerrant, E.O., Jr.; Havens, K.; Maunder, M., eds. *Ex situ* plant conservation: supporting species survival in the wild. Washington, DC: Island Press: 162–179.
- Drake, D.R. 1993. Germination requirements of *Metrosideros polymorpha*, the dominant tree of Hawaiian lava flow and rainforests. *Biotropica*. 25: 461–467.
- 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. Contribution 860. Moscow, ID: Idaho Forest, Wildlife and Range Experiment Station. 56 p.
- Dumroese, R.K.; Wenny, D.L.; Quick, K.E. 1990. Reducing pesticide use without reducing yield. *Tree Planters' Notes*. 41(4): 28–32.
- Flores, E.M. 2002. Seed biology. In: Vozzo, J.A., ed. 2002. The tropical tree seed manual. Agriculture Handbook 721. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 13–118. Chapter 1.
- Gao, Y.P.; Zheng, G.H.; Gusta, L.V. 1998. Potassium hydroxide improves seed germination and emergence in five native plant species. *HortScience*. 33: 274-276.
- Hartman, H.T.; Kester, D.E.; Davies, F.T.; Geneve, R.L. 1997. Plant propagation: principles and practices. 5th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall Press. 770 p.
- Hong, T.D.; Ellis, R.H. 2002. Storage. In: Vozzo, J.A., ed. 2002. The tropical tree seed manual. Agriculture Handbook 721. Washington, DC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service. 13–118. Chapter 3.
- Hoshizaki, B.J.; Moran, R.C. 2001. The fern growers manual. Portland, OR: Timber Press. 604 p.
- James, R.L.; Genz, D. 1981. Ponderosa pine seed treatments: effects on seed germination and disease incidence. Report 81-16. Missoula, MT: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Region, Forest Pest Management. 13 p.
- Keeley, J.E.; Fotheringham, C.J. 1998. Smoke induced seed germination in California chaparral. *Ecology*. 79: 2320-2336.
- Kettle, C.J.; Burslem, D.F.R.P.; Ghazoul, J. 2011. An unorthodox approach to forest restoration. *Science*. 333: 35.
- Kurbitzky, K.; Ziburski, A. 1994. Seed dispersal in floodplain forests of Amazonia. *Biotropica*. 26: 30–43.
- 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. 166 p.
- Lilleeng-Rosenberger, K. 2005. Growing Hawaii's Native Plants. Honolulu, HI; Mutual Publishing. 420 p.
- Mousa, H.; Margolis, H.A.; Dubay, P.A.; Odongo, J. 1998. Factors affecting germination of doum palm (*Hyphaene thebaica* Mart.) from the semi-arid zone of Niger, West Africa. *Forest Ecology and Management* 104 (1-3): 27-41.
- Narimanov, A.A. 2000. Presowing treatment of seeds with hydrogen peroxide promotes germination and development in plants. *Biologia*. 55: 425–428.
- Vozzo, J.A., ed. 2002. The tropical tree seed manual. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. Washington, DC: U.S. Government Printing Office. 899 p.

Lecturas Adicionales

- Dreesen, D. 2004. Tumbling for seed cleaning and conditioning. *Native Plants Journal*. 5: 52–54.
- Koebornik, J. 1971. Germination of palm seed. *International Palm Society*. 15: 134–137.
- Landis, T.D. 2000. Where's there's smoke...there's germination? *Native Plants Journal*. 1: 25–29.
- Schmidt, L. 2007. Tropical forest seed. Berlin, Germany: Springer-Verlag. 409 p.