

CAPÍTULO 6

PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

El material de plantación de alta calidad es esencial para el éxito de todos los proyectos de restauración que involucran la plantación de árboles (es decir, para las fases 3–5 de degradación). Se debe hacer crecer árboles jóvenes de todas las especies de árboles a una estatura adecuada, y deben ser robustos, crecer vigorosamente y estar libres de enfermedades cuando la estación es óptima para plantar árboles. Esto es difícil de lograr cuando se está haciendo crecer un gran número de diferentes especies de árboles de bosque nativo, que tendrán frutos en momentos diferentes del año y varían mucho en su germinación y tasas de crecimiento de las plántulas, especialmente si aquellas especies nunca antes habían sido reproducidas masivamente en viveros. En este capítulo daremos consejos generales que son aplicables para un primer intento de reproducir árboles de bosque nativo para un programa de restauración de bosque. También incluimos protocolos de investigación que se pueden usar para mejorar tus métodos de propagación de árboles, que conducirán al desarrollo de cronogramas de producción detallados para cada especie que se esté propagando.

6.1 Construcción de un vivero

Un vivero debe proveer las condiciones ideales para el crecimiento de plántulas de árboles y debe protegerlas del estrés. También debe ser un lugar confortable y seguro para los trabajadores del vivero.

Elegir un lugar

El lugar para un vivero debe estar protegido de las condiciones climáticas. Debe ser:

- llano o ligeramente inclinado, con buen drenaje (pendientes más pronunciadas requieren aterrazamiento);
- protegido y parcialmente en la sombra (un sitio que esté protegido por árboles existentes es ideal);
- cerca de una fuente permanente de agua limpia (pero libre del riesgo de inundación);
- lo suficientemente grande como para producir la cantidad de árboles requeridos y con la posibilidad de una futura expansión;
- cerca de una fuente de suelo adecuado;
- lo suficientemente accesible como para permitir el transporte conveniente de árboles jóvenes y provisiones.

Si no es posible evitar un lugar expuesto, se podría plantar un cinturón de árboles o arbustos como protección, o colocar grandes árboles en contenedores que provean sombra.

¿Cuánto espacio se necesita?

El tamaño del vivero depende últimamente del tamaño del área que se va a restaurar, lo cual a su vez, determina cuántos árboles deben producirse cada año. Otras consideraciones incluyen las tasas de supervivencia y crecimiento de las plántulas (lo que determina cuánto tiempo deben permanecer las plantas en el vivero).

Tabla 6.1 se relaciona con el área que ha de ser restaurada cada año al tamaño mínimo del vivero requerido. Estos cálculos están basados en la germinación de las semillas en bandejas y su posterior trasplante a contenedores, con tasas de supervivencia relativamente altas. Por ejemplo, si el área que se quiere restaurar es de 1 ha por año, se necesitarán hasta 3,100 árboles, que requiere un vivero de aproximadamente 80 m².

Las características esenciales de un vivero de árboles

La construcción de un vivero no tiene que ser caro. Se pueden usar materiales localmente disponibles, como madera reciclada, bambú y hojas de palmera, todo puede ser usado para construir un vivero de bajo costo. Los requerimientos esenciales incluyen:

- un área sombreada con bancos para la germinación, protegida de predadores de semillas por una malla metálica; la sombra se puede proveer con materiales comerciales, pero las alternativas incluyen hojas de palmera, pastos gruesos y listones de bambú;
- un área en la sombra donde puedan crecer plántulas en macetas hasta que estén listas para ser plantadas (el sombreadero debe ser removido si los árboles jóvenes han de ser endurecidos antes de ser plantados);
- un área de trabajo para la preparación de semillas, repique etc.;
- una fuente fiable de agua;
- un almacén que se pueda cerrar con llave para los materiales y herramientas;
- un cerco para mantener fuera a animales sueltos;
- un área techada y un baño para el equipo y los visitantes.

Tabla 6.1. Relación entre el espacio necesario para un vivero y el tamaño del sitio de restauración.

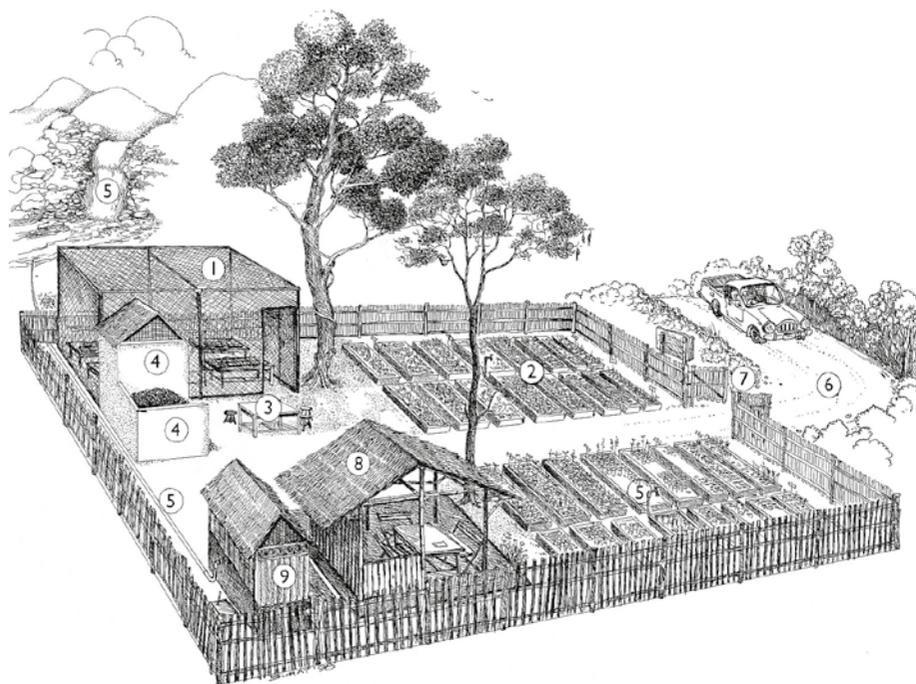
Área a ser restaurada (ha/año)	Número máximo de árboles necesarios ^a	Área de germinación de semillas (m ²)	Área de almacenamiento de plantas ^b (m ²)	Almacén, área techada, baño etc. (m ²)	Área total necesaria para el vivero (m ²)
0.25	775	3	11	15	29
0.5	1,550	6	22	15	43
1	3,100	13	44	15	72
5	15,500	63	220	15	298
10	31,000	125	440	15	580

^a Asumiendo ausencia de regeneración natural.

^b Un área adicional de tamaño similar podría ser requerida para el endurecimiento de las plántulas si no fuera posible remover la sombra de las plántulas en contenedores.

Diseñar un vivero

Un diseño de vivero cuidadosamente pensado puede incrementar significativamente la eficacia. Piensa sobre las varias actividades que se han de ejecutar y el desplazamiento de materiales alrededor del vivero. Por ejemplo, posiciona las camas para los contenedores y el área de endurecimiento cerca del punto de acceso principal, es decir, cerca de donde los árboles serán eventualmente cargados a los vehículos para el transporte al sitio de restauración; sitúa el almacén de herramientas (con cerradura) y el almacén de medios, cerca del área de las macetas.

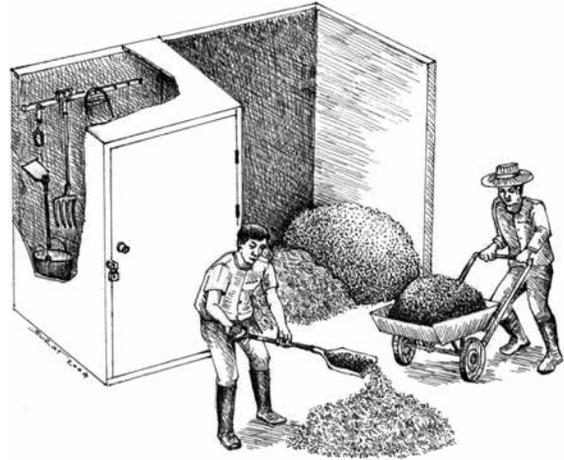


Diseño de un vivero ideal: (1) área de refugio para la germinación que esté protegida contra predadores de semillas; (2) área donde se almacenan las plantas antes de ser llevadas a plantación (sombra removida); (3) área de trasplante; (4) almacén de sustratos y almacén de herramientas con cerradura; (5) fuente de agua fiable; (6) acceso fácil; (7) cerco para excluir a animales sueltos; (8) protección del sol y de la lluvia; y (9) baño.

Herramientas del vivero

Los árboles en crecimiento requieren de un equipo simple y de bajo costo. Muchos de los artículos ilustrados aquí se pueden conseguir en comunidades agrícolas comunes y podrían ser prestados para el trabajo en el vivero:

- pala (1) y baldes (2) para recoger, mover y mezclar los sustratos de cultivo;
- pala jardinera (3) o cucharas de bambú (4) para llenar los contenedores con el sustratos de cultivo;
- regaderas (5) y una manguera, ambos equipados con un rociador fino;
- espátulas o cucharas para el repique de las plántulas;
- tamices (6) para preparar el medio de macetas;
- carretillas (7) para desplazar las plantas y los materiales alrededor del vivero;
- azadón (8) para desmalezar y mantener el área donde se almacenan las plantas hasta ser plantadas afuera;
- tijeras de podar (9) plántulas;
- una escalera y herramientas básicas de construcción de sombreaderos, redes etc.



Un almacén que se pueda cerrar con llave y un almacén de sustratos, son partes esenciales de un vivero de árboles.

Equipo esencial de vivero.



6.2 Recolección y tratamiento de semillas de árboles

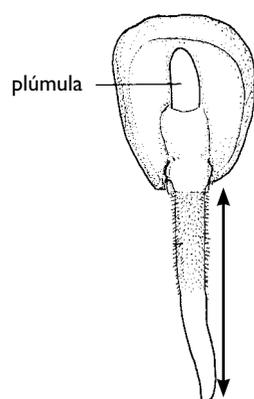
¿Qué son los frutos y las semillas?

La estructura que se siembra en una bandeja de germinación no es siempre solamente la semilla. Para especies de árboles como los robles y las hayas (Fagáceas en el hemisferio norte y Nothofagáceas en el hemisferio sur), se siembra toda la fruta. Para otras especies, sembramos el pireno, que consiste de varias semillas encerradas dentro del duro compartimento interior del fruto (es decir, el endocarpio, que puede demorar la penetración del agua hasta el embrión de la semilla). De modo que un entendimiento básico de la morfología del fruto y de la semilla puede ser útil al decidir qué tratamientos pregerminativos (si hubiera alguno) son apropiados.

Una semilla se desarrolla de una célula de huevo fertilizada (óvulo) que está dentro del ovario de una flor, normalmente después de la polinización y fertilización. Siendo los productos de la reproducción sexual, durante la cual los genes de ambos padres se combinan, las semillas son una fuente esencial de la diversidad genética dentro de las poblaciones de árboles.

Las semillas consisten de tres partes principales: una cubierta, un almacén de alimento y un embrión. La cubierta de la semilla la protege de las condiciones extremas del medio ambiente y juega un papel importante en la 'latencia'. Las reservas de alimento, que sostienen el metabolismo durante e inmediatamente después de la germinación, están almacenadas en el endosperma o los cotiledones. El embrión consiste de un brote rudimentario (la plúmula), una raíz rudimentaria (la radícula) y hojas de semilla (cotiledones).

Los frutos se derivan de la pared del ovario. Pueden clasificarse ampliamente como 'simples' (formados desde el ovario de una sola flor); 'agregados' (formados desde el ovario de una sola flor, pero con varios frutos fusionados en una estructura más grande) o 'múltiples' (formados desde los ovarios de varias flores fusionados). Cada categoría amplia contiene varios tipos de frutos.



En la germinación, la radícula (la primera raíz) y la plúmula (el brote) revientan la cubierta exterior (testa) de la semilla, fomentados por las reservas de alimento en el endosperma.



Frutas simples pueden o bien tener un pericarpio pulposo, como el tomate, o A) una cubierta seca, como las vainas de leguminosas. B) la chirimoya (*Annona reticulata*) produce frutos agregados, mientras que C) los árboles de jaca (*Artocarpus heterophyllus*) producen frutos múltiples. D) el fruto múltiple de las higueras consiste esencialmente de una infructescencia encerrada (siconia).

¿Cuándo se debe recolectar semillas?

En todos los bosques tropicales, las diferentes especies de árboles tienen frutos en cada mes del año, de modo que se necesita al menos una excursión de recolecta cada mes. En bosques estacionalmente secos, la fructificación llega a su punto culminante al final de la estación seca. Una reducida cantidad de especies de árboles frutales al comienzo de la estación de lluvia, significa que se necesitarán menos excursiones de recolecta de semillas.

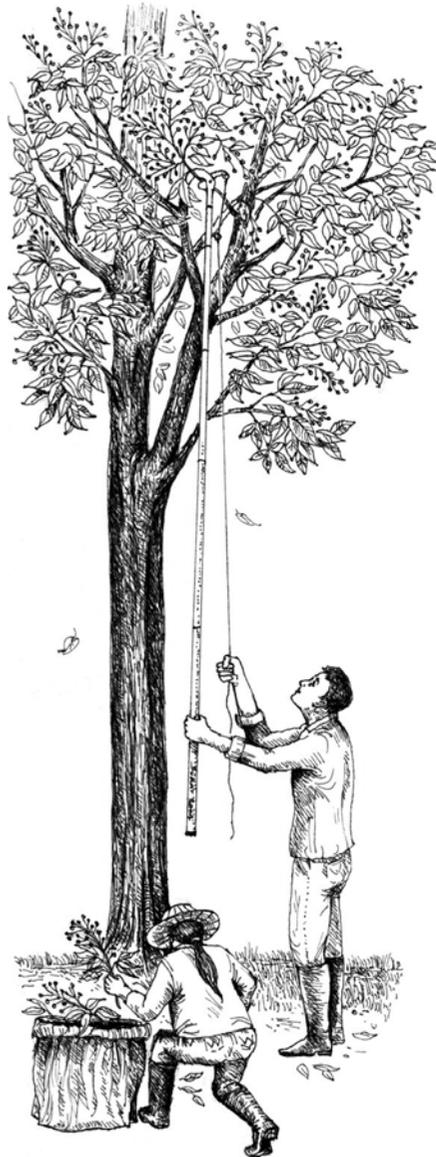
En partes del sureste de Asia y América Central, los meses de fructificación de muchas especies de árboles son bien conocidos, pero en muchas regiones se necesitan estudios de fenología para proveer esta información (ver **Sección 6.6**). Encuentra árboles semilleros en el bosque y monitórealos frecuentemente, a partir del momento de su floración hacia adelante, para juzgar el mejor momento para recolectar sus frutos. Recolecta los frutos una vez que estén completamente maduros, pero justo antes de que sean dispersados o consumidos por animales. Las semillas que se recolectan demasiado temprano estarán sin desarrollar y fracasarán en germinar, mientras que las que se recolectan demasiado tarde podrían haber perdido su viabilidad.

Para frutos pulposos, la madurez es normalmente indicada por un cambio en el color del fruto, normalmente de verde a un color más vivo que atrae a animales dispersores de semillas. Animales que forrajeen en los frutos es un signo seguro de que las semillas están listas para ser recolectadas. Los frutos dehiscentes, como los de las leguminosas, empiezan a abrirse por el medio una vez que están maduros. Suele ser mejor cortar los frutos del árbol en vez de recogerlos del suelo.

Si has recibido el entrenamiento apropiado, trepa el árbol para cortar los frutos maduros. Usa un arnés de seguridad y nunca lo hagas solo. Un método más conveniente de recolectar semillas de árboles bajos es usando una cortadora fijada a un palo largo. Los frutos también se pueden hacer caer, sacudiendo los árboles bajos o las ramas más bajas.

La recolección de frutos del suelo del bosque puede ser la única opción para árboles muy altos. Si este fuera el caso, asegúrate que las semillas no están podridas, abriéndolas con un corte y buscando un embrión bien desarrollando y/o endosperma sólido (si lo hubiera). No recolectes frutos o semillas que tengan signos de infección de hongos, marcas de dientes de animales o pequeños huecos hechos por insectos perforadores de semillas. Recolecta los frutos o semillas del suelo del bosque, cuando empiecen a caer los primeros frutos realmente maduros.

Las excursiones de recolecta de semillas requieren de planificación y cooperación con la gente responsable para el tratamiento y la siembra de las semillas porque las semillas son vulnerables a la desecación y/o a los ataques de hongos si no son procesados rápidamente. Siembra las semillas lo antes posible después de ser recolectadas o prepáralas para el almacenamiento descrito más adelante en este capítulo. Antes de sembrar, no las dejes en sitios húmedos, donde se podrían podrir o germinar prematuramente. Si son sensibles a la desecación, no los dejes a pleno sol.



Escoger las semillas para la recolección

La variabilidad genética es esencial para permitir a las especies sobrevivir en un medio ambiente cambiante. Por ello, mantener la diversidad genética es una de las consideraciones más importantes en cualquier programa de restauración, que tiene como meta conservar la biodiversidad. Es crucial que los árboles plantados no estén estrechamente emparentados. La mejor manera de prevenir esto, es recolectar semillas localmente de, por lo menos 20 a 25 árboles parentales de alta calidad, y preferiblemente aumentar esto con algunas semillas de árboles, que crecen en áreas eco-geográficamente correspondientes más alejadas (ver **Cuadro 6.1**). Si las semillas se recolectan de solo unos cuantos árboles locales, su diversidad genética puede ser baja, reduciendo su capacidad de adaptarse al cambio climático. Se deben mezclar cantidades iguales de semillas de cada árbol semillero (conocido como aumento) antes de sembrar, para asegurar que todos los árboles semilleros están representados de igual manera. Una vez que los árboles maduran dentro de las parcelas restauradas, puede que se reproduzcan endogámicamente entre ellos, reduciendo aún más la variabilidad genética en las generaciones posteriores. La polinización cruzada con árboles no emparentados puede restaurar la diversidad genética, pero solamente donde árboles como éstos crezcan cerca de los sitios de restauración.

La cantidad de semillas recolectadas depende de la cantidad de árboles requeridos, el porcentaje de germinación de semillas y las tasas de supervivencia de las plántulas. Mantén registros exactos para determinar las cantidades para colecciones futuras.

La información que se debe registrar al recolectar semillas

Número de especie:	Número de lote:
HOJA DE RECOLECCIÓN DE SEMILLAS	
Familia:	
Especie:	Nombre común:
Fecha de colección:	Nombre del colector:
Etiqueta de árbol núm.:	Circunferencia del árbol:
Recolectado del suelo [] o del árbol []	
Lugar:	Elevación:
Tipo de bosque:	
Núm. aproximado de semillas recolectadas::	
Detalles de almacenamiento/transporte:	
Tratamiento pregerminativo:	Fecha de siembra:
Espécimen voucher recolectado []	
Notas para la etiqueta del herbario:	

Cada vez que recolectas semillas de una nueva especie, dale a esa especie un número único de especie. Clava una etiqueta metálica numerada en el árbol, de modo que lo puedas encontrar nuevamente. Recolecta un espécimen de hojas y frutos para la identificación de la especie. Coloca el espécimen en una prensa de plantas, sécalo y pide a un botánico que identifique la especie. Usa un bolígrafo para escribir el nombre de la especie (si fuera conocido), fecha y número de especie en una etiqueta y colócala dentro de la bolsa con las semillas.

En una hoja de datos (ver ejemplo abajo), registra los detalles esenciales sobre los lotes de semillas recolectados y lo que ha sucedido con ellos desde el momento de recolección, hasta su siembra en las bandejas de germinación. Esta información ayudará a determinar por qué algunos lotes de semillas germinan bien mientras que otros fracasan, y así mejorar los métodos de recolección de semillas en el futuro. Una hoja de datos para recolección de semillas más detallada que se podría usar para propósitos de investigación se provee en el **Apéndice (A1.3)**.

Cuadro 6.1. Flujo de genes, diversidad genética adaptiva y suministro de semillas.

El cambio climático global tiene profundas consecuencias para los ecosistemas de los bosques tropicales. La adaptabilidad de una especie, su capacidad de sobrevivir los cambios medio ambientales, depende de la diversidad genética presente entre los individuos de una especie. Las poblaciones de árboles que tienen un amplio rango de variaciones genéticas adaptativas tienen la mejor posibilidad de sobrevivir al cambio climático o cambios en otros factores medio ambientales, como el incremento de la salinidad, el uso de fertilizantes y la redistribución de la vegetación resultante de la conversión de hábitat.

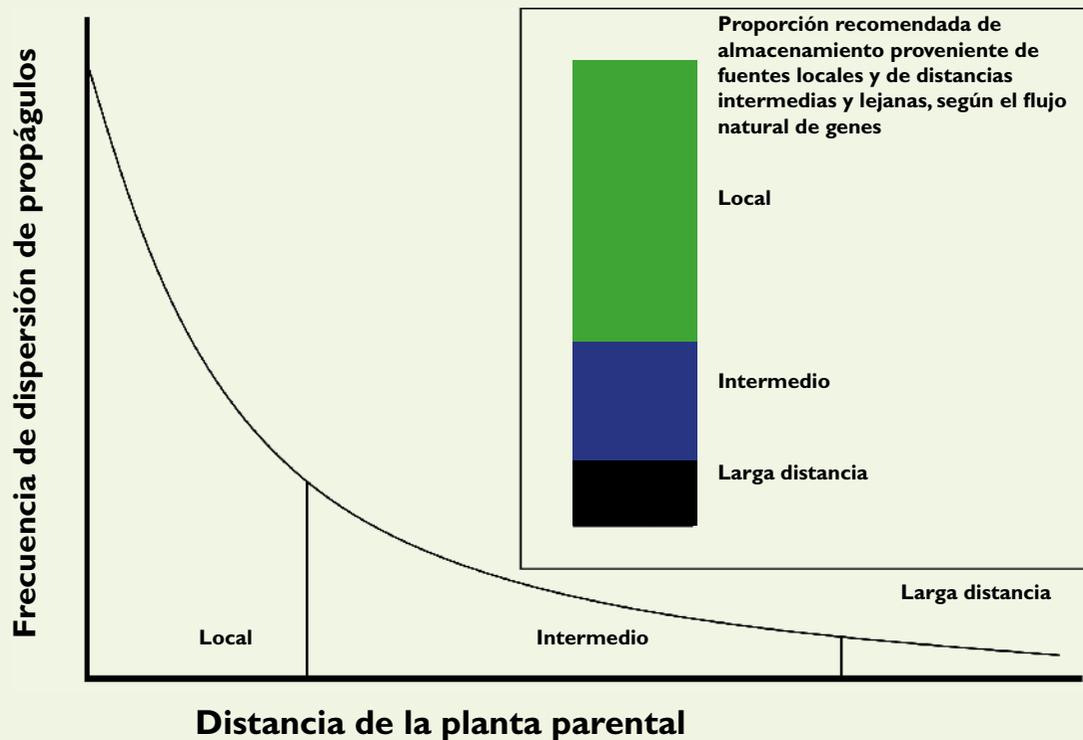
Considera a los árboles individuales de una especie, cada uno de los cuales podría poseer diferentes versiones o 'alelos' de un gen que codifica cierta proteína. Si uno de estos alelos funciona mejor en condiciones más secas, entonces los individuos portadores de este alelo pueden sobrevivir mejor en caso de que las precipitaciones pluviales disminuyan y así serían más probables de transmitir su versión de gen a las generaciones posteriores. A la inversa, los árboles que portan un alelo diferente del mismo gen podrían sobrevivir mejor si las condiciones se volvieren más húmedas. Por consiguiente, mantener la variabilidad genética entre los árboles individuales que comprende la población de una especie, es una de las consideraciones más importantes en cualquier programa de restauración para la conservación de la biodiversidad.

La variación genética adaptiva depende de las tasas de mutación de genes, el flujo de genes y otros factores. La selección natural incrementa la frecuencia de características, que confiere ventajas a los individuos, en un momento y sitio particular. En el caso de los árboles tropicales, puede actuar en la fase de plántula, cuando los árboles jóvenes tienen una oportunidad de reemplazar dentro del dosel a un árbol caído. Puede ayudar a las poblaciones de árboles a hacer frente al estrés inducido por el cambio climático.

La diversidad genética adaptiva aumenta como resultado del flujo de genes, esto ocurre cuando diferentes genes son introducidos a una población por polen o semillas de otro árbol, o población de árboles. El flujo de genes puede ocurrir a distancias de hasta cientos de kilómetros (Broadhurst *et al.*, 2008). La fragmentación del hábitat impide la dispersión tanto del polen como de las semillas. Además, las poblaciones de árboles que están adaptados a las actuales condiciones medio ambientales podrían no tener suficiente diversidad genética adaptiva como para permitir que un número suficiente de vástagos sobrevivan al cambio climático. Los practicantes de restauración de bosques deben considerar si los fondos de genes tienen suficiente diversidad genética adaptiva y resistencia para enfrentar los desafíos del cambio climático, y adaptarse lo suficientemente rápido, en la medida que el medioambiente va cambiando. Por consiguiente, podría haber una fuerte razón para abastecerse con una proporción de semillas de otras áreas, que no sean locales, para los proyectos de restauración de bosques en un intento de imitar el flujo natural de genes.

Se ha recomendado que las semillas para los proyectos de restauración de bosques se recolecten localmente, de árboles parentales de "alta calidad", porque los árboles locales son el producto de una larga historia de selección natural que los ha adaptado genéticamente a sobrevivir y reproducirse en las condiciones locales preexistentes. Sin embargo, dada la necesidad de mantener altos niveles de diversidad genética para asegurar la adaptabilidad a los cambios climáticos, los abastecimientos locales de semillas podrían ser enriquecidos con un pequeño porcentaje de semillas colectadas en otras áreas que tengan condiciones medio ambientales y climáticas, similares al sitio de plantación. La "procedencia compuesta" se ha propuesto como una manera de mejorar el flujo natural de genes (Broadhurst *et al.*, 2008). Por ejemplo, la mayoría de las semillas podrían ser recolectadas de tantos árboles padres locales como fuera posible, pero también incorpora fuentes cercanas y eco-geográficamente combinadas (Sgró *et al.*, 2011). Una pequeña proporción (10–30%) podría provenir de más lejos (Lowe, 2010). La nueva combinación resultante podría permitir a las poblaciones de árboles responder al cambio medio ambiental, lo cual es crucial para que la selección natural pueda funcionar en las plantaciones de restauración.

Cuadro 6.1. continuación.



Cifras reproducidas con el gentil permiso de Sgró et al. (2011).

Para la mayoría de especies, la dispersión de semillas es local, con proporciones mucho menores de semillas que son dispersadas a distancias intermedias o lejanas. La proveniencia compuesta imita esta dispersión, usando una alta proporción de semillas adaptadas localmente, y proporciones más bajas de semillas recolectadas en lugares a distancias intermedias (imitando el flujo de genes intermedio) y lejanas. Las semillas recolectadas a cierta distancia del sitio de restauración podrían introducir nuevos genes a la población.

Extracción de semillas de los frutos

En la mayoría de especies, se deben extraer las semillas de sus frutos y limpiarlas antes de ser sembradas.

En el caso de los frutos pulposos, remueve la pulpa lo más que puedas con un cuchillo y lava la pulpa restante con agua. Remoja los frutos sólidos en agua durante 2–3 días, para suavizar la pulpa lo suficientemente como para facilitar la extracción de semillas. Una vez que se ha quitado la pulpa, las semillas podrían germinar rápidamente, de manera que o bien las siembras inmediatamente o bien hay que procesarlas para su almacenamiento. El fracaso de remover la pulpa fomenta la infección de hongos. En algunas especies, el removimiento de la pulpa revela un pireno duro o leñoso que contiene una o más semillas. Si las semillas han de ser plantadas inmediatamente, rompe el duro endocarpio para permitir que penetre el agua hasta el embrión y fomentar la germinación. Usa un cascanueces, martillo o cuchillo para romper cuidadosamente el endocarpio sin dañar a la(s) semilla(s) en su interior.

6.2 COLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE SEMILLAS DE ÁRBOLES

Frutos secos dehiscentes, como las vainas de los árboles de la familia de las Leguminosas, frecuentemente se abren solos de manera natural, por lo que debes extenderlas en un lugar seco y soleado hasta que se abran, y las semillas o bien caen por si solas o bien puedan ser sacudidas con facilidad.

En cuanto a los frutos secos indehiscentes que no se abren naturalmente, debes cortar las vainas o abrirlas con una tijera u otro instrumento. Las semillas de algunos frutos indehiscentes, como los frutos secos o sámaras, no se extraen normalmente, más bien se debe colocar el fruto entero en las bandejas de germinación. Apéndices del fruto, como las alas de las sámaras (por ejemplo, *Acer*, *Dipterocarpus*) o las cúpulas de los frutos secos, incluyendo las bellotas y castañas, deben ser removidas para un manejo más fácil. La germinación de semillas que están cubiertas por un arilo se acelera casi siempre raspando el arilo.

Asegurar la calidad de las semillas

Es muy importante sembrar solamente las semillas de la más alta calidad disponibles. No deben tener ningún signo de crecimiento de hongos, marcas de dientes de animales o pequeños huecos hechos por insectos perforadores de semillas como los gorgojos. En cuanto a las semillas más grandes, se pueden identificar rápidamente las semillas muertas, sumergiéndolas en agua y esperando 2–3 horas. Descarta las semillas que permanezcan flotando, ya que tienen aire adentro en vez del denso cotiledón y un embrión funcional. Sembrar semillas de baja calidad es una pérdida de tiempo, y podría provocar la dispersión de enfermedades.



Escogiendo las buenas semillas de entre las malas: las buenas semillas se hunden (izquierda), las malas flotan (derecha).

Almacenamiento de semillas

Aunque normalmente es mejor germinar las semillas lo antes posible después de haber sido recolectadas, el almacenamiento de semillas puede ser útil para la racionalización de la producción de árboles, el intercambio de semillas entre viveros y la acumulación de semillas para la siembra directa. Dependiendo del potencial fisiológico, las semillas pueden ser clasificadas como ortodoxas, recalcitrantes o intermedias. El comportamiento de almacenamiento de muchas especies se puede encontrar en <http://data.kew.org/sid/search.html>.

Semillas ortodoxas y recalcitrantes

Las semillas ortodoxas permanecen viables al secarse a bajos contenidos de humedad (2–8%) y refrigeradas a bajas temperaturas (normalmente unos pocos grados por encima del congelamiento), de modo que pueden almacenarse durante muchos meses e incluso años.

Las semillas recalcitrantes son más comunes en las especies de la mayoría de hábitats tropicales y tienden a ser grandes y tener cubiertas de semillas o cáscaras de frutos delgados. Son muy sensibles al desecamiento y no se les puede secar a un contenido de humedad por debajo de 60–70%. Además, no se pueden refrigerar y son relativamente efímeras. Por ello, es muy difícil almacenar las semillas recalcitrantes durante varios días sin perder su viabilidad.

También hay un sub-grupo de especies que tienen semillas ‘intermedias’. Estas pueden ser secadas hasta lograr bajos contenidos de humedad, similares a los tolerados por las semillas ortodoxas, pero son sensibles a condiciones de refrigeración una vez secas.

Secar y almacenar semillas ortodoxas

Primero, determina si la mayoría de semillas están maduras o todavía no, porque los árboles individuales pueden dispersar sus semillas en momentos ligeramente diferentes. Las semillas maduras que están listas para ser dispersadas, son las que mejor responden al secado. Semillas inmaduras son, por lo general, más difíciles de secar.

Las semillas inmaduras, tanto frescas como después de secar, no germinan. Sin embargo, pueden ser maduradas y su viabilidad mejorada significativamente, almacenándolas a una humedad y temperatura controlada. Una humedad relativa de 65% es lo suficientemente baja para reducir la posibilidad de moho. Alternativamente, almacena los frutos bajo las condiciones más naturales posibles, es decir, dejando al fruto en sus ramas y las semillas en su fruto. Examina ocasionalmente algunas semillas para determinar cuando alcanza la madurez el lote.

Desarrollo de la calidad de semillas con tiempo de maduración. (Reproducido con el gentil permiso del Consejo Directivo del Royal Botanic Gardens, Kew)

Las semillas maduras deben ser manejadas con cuidado entre la recolección en el bosque y su almacenamiento o siembra en el vivero. Una vez que se han cosechado las semillas, empiezan a envejecer, particularmente si son guardadas con altos contenidos de humedad. Pueden ser atacadas por insectos, ácaros y/o hongos (si no se les guarda bien aireadas) o podrían germinar.

Desarrollo de la calidad de las semillas

	<p>Inmaduras</p> <p>Las semillas pueden no ser del todo tolerantes a la desecación.</p> <p>Las semillas podrían no haber alcanzado el potencial máximo de almacenamiento.</p>	<p>Tiempo óptimo de recolección</p>	<p>Post-cosecha</p> <p>Las semillas podrían perder rápidamente su viabilidad en condiciones calientes y húmedas.</p>
--	--	--	---

Formación de las semillas – diferenciación	Acumulación de las reservas	Maduración post-abscisión	Dispersión/envejecimiento o reparación post-cosecha
--	-----------------------------	---------------------------	---



6.2 COLECCIÓN Y TRATAMIENTO DE SEMILLAS DE ÁRBOLES

Medir el contenido de humedad

Para retener su viabilidad durante el almacenamiento, las semillas ortodoxas deben ser secadas, pero, ¿cómo de secas es lo suficientemente seco?. Para determinar si las semillas están lo suficientemente secas para el almacenamiento, llena un frasco hasta la mitad con semillas y añádele un pequeño higrometro o una tira indicadora de humedad (Bertenshaw & Adams, 2009a). Espera a que el aire en el frasco alcance una humedad estable a la sombra. Esto es denominado humedad relativa en equilibrio (HRe). La **Tabla 6.2** muestra que un %HRe de 10–30% es recomendado para el almacenamiento a largo plazo de semillas ortodoxas.



Se puede usar o bien un costoso y sofisticado higrometro digital (izquierda) o higrometros de dial baratos (derecha) para evaluar el contenido de humedad de las semillas.

Tabla 6.2. Relación entre el contenido de %HRe de las semillas y la supervivencia de las semillas en almacenamiento.

%HRe	Contenido aproximado de humedad (varía con el contenido de aceite de las semillas y la temperatura)		Supervivencia de las semillas
	Semillas no aceitosas (2% aceite)	Semillas aceitosas (25% aceite)	
85–100%	>18.5%	> 16%	Alto riesgo de moho, pestes y enfermedades.
70–85%	12.5–18.5%	9.5–16%	Semillas con riesgo de perder rápidamente la viabilidad.
50–70%	9–12.5%	6–9.5%	Tasa de deterioro más lenta; las semillas pueden sobrevivir de 1–2 años.
30–50%	7.5–9%	5.5–6%	Las semillas pueden sobrevivir durante varios años.
10–30%	4.5–7.5%	3–5.5%	Las semillas pueden mantenerse vivas durante décadas.
< 10%	< 4.5%	< 3%	Riesgo de daño, por ello es mejor evitarlo.

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

Prueba de sal cruda para el contenido de la humedad de las semillas. El pequeño frasco de mermelada (adelante), el tercer frasco de la derecha y el frasco a la extrema derecha contienen sal, que fluye libremente indicando que las semillas están lo suficientemente secas como para ser almacenadas.



Se puede usar también sal para una prueba cruda de contenido de humedad. Llena un cuarto de un frasco de vidrio con sal de mesa seca, añade un volumen igual de semillas y sacude. Si la sal forma terrones, la HRe es más alta de 70%. Si la sal permanece fluida libremente, entonces las semillas pueden ser almacenadas, al menos a corto plazo.

Un método alternativo de determinar el contenido de humedad de semillas secas es pesar una sub-muestra de las semillas secadas al sol, luego ponerlas en un horno a 120–150°C durante una hora antes de volver a pesarlas. Si el siguiente cálculo arroja valores de <10%, las semillas están listas para ser almacenadas:

$$\frac{(\text{Masa de semillas después del secado al sol} - \text{Masa de semillas después del secado al horno}) \times 100\%}{\text{Masa de semilla después del secado al sol}}$$

Desecha la sub-muestra de semillas usadas para esta prueba

Secado de semillas

La manera más simple de secar semillas es limpiándolas y luego extendiéndolas al sol durante unos días. Extiende las semillas en capas delgadas en una esterilla, y revuélvelas regularmente con un rastrillo de modo que se sequen rápida y uniformemente sin sobrecalentarse. La luz directa del sol durante períodos prolongados reduce la viabilidad de las semillas. Dale sombra a las semillas durante la parte más calurosa del día y protégelas en la noche o después de la lluvia para prevenir la re-absorción de humedad. Si fuera posible, transfiere las semillas a contenedores sellados durante la noche. Una vez cada 24–48 horas, haz una prueba del contenido de humedad de una muestra de las semillas, y continúa secándolas hasta que la HRe descienda a 10–30% (equivalente al 5–10% del contenido de humedad de las semillas). El tiempo del secado dependerá del tamaño de las semillas, la estructura y el grosor de la cubierta de las semillas, la ventilación y la temperatura.

Semillas secándose en una esterilla en Tanzania.
(Foto: K. Gold)



Desecantes

Los desecantes son sustancias que absorben la humedad del aire. Se puede usar una amplia gama de desecantes para secar semillas en contenedores sellados. El gel de sílice es, quizás, el más conocido, pero productos locales, como arroz tostado y carbón, son alternativas más baratas. El Jardín Botánico Real, Kew ha desarrollado una técnica de secado de semillas que usa carbón de leña natural, que se puede conseguir universalmente en comunidades rurales tropicales (Bertenshaw & Adams, 2009b). Primero, seca las semillas durante 2–3 días en condiciones de ambiente; al mismo tiempo seca pequeños terrones de carbón en un horno o directamente al sol. Coloca el carbón al fondo de un contenedor que se pueda precintar, luego cúbrelo con un papel de periódico y coloca las semillas encima. Añade un higrómetro o tira de humedad, sella el contenedor y almacénalo en un lugar fresco. Alternativamente, coloca las semillas en bolsas de tela y cuélgalas en contenedores más grandes, como bidones de plástico, con carbón en el fondo. Para lograr una HRe del 30% usa una ratio de peso de carbón:semilla de 3:1; para una %HRe de 15% usa una relación de 7.5:1.

Una vez secas las semillas, almacénalas en un contenedor hermético bajo condiciones que reduzcan el metabolismo de las semillas y prevengan la entrada (o el crecimiento) de pestes y patógenos. Los contenedores pueden ser de plástico, vidrio o metal y sus sellos pueden ser mejorados con el uso de cámaras de caucho interiores. Llena los contenedores hasta arriba para minimizar el volumen de aire (y humedad) en el interior. El sellado eficaz de los contenedores es crucial, para prevenir la entrada de humedad o esporas de hongos. Incluso el aumento de solo 10% de HRe puede reducir a la mitad la vida de almacenamiento de las semillas. Si los contenedores han de ser abiertos con cierta frecuencia, almacena las semillas en pequeños paquetes sellados dentro de contenedores más grandes para minimizar la exposición de las semillas restantes al aire y la humedad. Colocar un pequeño sobre de gel de sílice de colores en los contenedores, permitirá determinar si hay alguna humedad penetrando en el contenedor.

Debe ser suficiente almacenar los contenedores a temperaturas ambiente, para mantener la viabilidad de las semillas durante 12–24 meses. Mantener semillas por períodos más largos puede requerir temperaturas de almacenamiento más bajas, pero esto podría ser costoso y no es normalmente necesario para proyectos de restauración de bosques.

Almacenar semillas recalcitrantes e intermedias

La tolerancia de almacenamiento de las semillas recalcitrantes o intermedias varía enormemente. Algunas especies no tienen ningún período de latencia. Semillas altamente recalcitrantes mueren al caer su contenido de humedad por debajo de 50–70%, mientras que las menos sensibles pueden permanecer viables hasta con un contenido de solo 12% de humedad. La tolerancia al enfriamiento también varía. Mantén la duración de almacenamiento para semillas recalcitrantes a un mínimo absoluto. Si no se puede evitar el almacenamiento, se debe prevenir su desecamiento y la contaminación de microbios y mantener un suministro de aire adecuado.

Para un informe exhaustivo de la recolección y el tratamiento de semillas, se recomienda altamente el texto de referencia "*A Guide to Handling Tropical and Subtropical Forest Seed*", por Lars Schmidt (publicado por DANIDA Centro de Semillas de Bosque, Dinamarca, 2000).



El carbón es un desecante barato y está ampliamente disponible en comunidades rurales tropicales.



Carbón en un contenedor sellado o en bolsas selladas como desecante natural. (Foto: K. Mistry)

6.3 Germinación de semillas



Para semillas más grandes que tienen cubiertas duras, la latencia puede romperse, cortando manualmente la cubierta de la semilla.

En el vivero, la latencia de semillas prolonga el tiempo de producción (ver **Cuadro 6.2**). Por ello, se aplican normalmente varios tratamientos pregerminativos para romper la latencia. El tratamiento usado para cada especie depende del (los) mecanismo(s) de latencia particular(es) presente(s).

Una cubierta gruesa, impermeable, puede prevenir que el agua o el oxígeno alcancen al embrión, de modo que una de las técnicas más simples para romper la latencia es cortar un pequeño pedazo de la cubierta con una cuchilla afilada o cortauñas. Para semillas más pequeñas, frotarlas suavemente con papel lija puede ser igualmente efectivo. Estas técnicas se llaman escarificación. Durante la escarificación, debe tenerse cuidado de no dañar el embrión dentro de la semilla.

Para especies con latencia mecánica, se recomienda la técnica del ácido. El ácido puede matar al embrión, de manera que las semillas deben ser remojadas en ácido el tiempo suficiente para suavizar la cubierta de la semilla, pero no tanto como para permitir que el ácido alcance al embrión.

Cuando la germinación es inhibida por químicos, simplemente asegurarse de remover toda la pulpa del fruto puede resolver el problema. Pero si los inhibidores químicos están presentes dentro de la semilla, deben ser lavados, remojándolos repetidas veces. Para más información sobre tratamientos pregerminativos, ver **Sección 6.6**.



La germinación es el momento más vulnerable en la larga vida de un árbol.

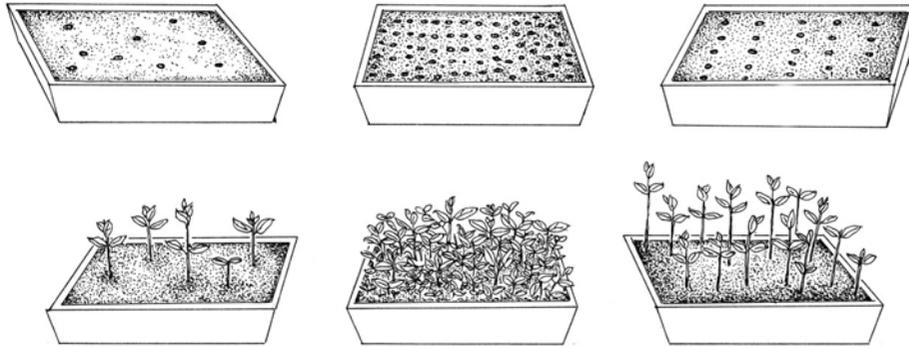
Sembrar semillas

Siembra las semillas en las bandejas de germinación llenadas con un sustrato adecuado. Las semillas grandes pueden sembrarse directamente en bolsas de plástico o contenedores. La ventaja de usar bandejas es que se las puede mover con facilidad alrededor del vivero, pero acuérdate que pueden secarse rápidamente si se descuidan. Las bandejas de semillas deben tener 6–10 cm de profundidad, con suficientes huecos de drenaje en el fondo.

El medio de germinación debe tener una buena aireación y drenaje, y debe proveer un soporte adecuado para germinar plántulas hasta que estén listas para el repique. Las raíces de las plántulas necesitan respirar, de modo que el medio de germinación debe ser poroso. Demasiado agua llena los espacios de aire en el medio y ahoga las raíces de las plántulas. También provoca enfermedades. Un suelo compactado inhibe tanto la germinación como el crecimiento de las plántulas.

Mezcla el suelo de bosque con materiales orgánicos para crear un medio bien estructurado. La Unidad de Investigación de Restauración de Bosques de la Universidad de Chiang Mai (FORRU-CMU), recomienda mezclas de dos tercios de suelo superior de bosque, con un tercio de cáscara de coco. Una mezcla de 50% de suelo de bosque con 50% de arena gruesa es más adecuada para semillas pequeñas, especialmente aquellas (por ejemplo, *Ficus* spp.) susceptibles al 'damping off'. Incluye algo de suelo de bosque en el medio para proporcionar una fuente de hongos micorrizales, que son requeridos por la mayoría de especies de árboles de bosque. Si no hay disponible suelo superficial de bosque, usa una mezcla que incluya arena gruesa (para alentar un buen drenaje y aireación) y materia orgánica tamizada (para proveer textura, nutrientes y retención del agua). No añadas fertilizantes al medio de germinación de las semillas (excepto al germinar semillas *Ficus* spp.), ya que las plántulas no lo requieren.

6.3 GERMINACIÓN DE SEMILLAS



Sembrando semillas demasiado separadas (izquierda) es un desperdicio del espacio, pero sembrarlas demasiado juntas (centro) incrementa el riesgo de enfermedades.

Siembra semillas pequeñas a medianas sobre la superficie del sustrato y luego cúbreelas con una delgada capa de sustrato de germinación (con una profundidad de aproximadamente 2–3 veces el diámetro de la semilla), dejando 1 cm de borde en la bandeja. Semillas mayores de 5 mm de diámetro requieren una profundidad equivalente del medio de germinación. Esto protege las semillas de predadores y de la desecación y las previene de ser arrasadas durante el riego. Si las ratas o ardillas son un problema, entonces cubre las bandejas de germinación con una malla metálica. Coloca las bandejas en la sombra para reducir la desecación y las quemaduras de las hojas.

Siembra las semillas con un espaciamiento de por lo menos 1–2 cm entre una y la otra (o más lejos si las semillas son más grandes) para prevenir el hacinamiento. Si las semillas son sembradas demasiado juntas, las plántulas podrían debilitarse y por lo tanto, ser más susceptibles a enfermedades tales como el 'damping off'. Riega ligeramente las bandejas de germinación, inmediatamente después de sembrar las semillas y regularmente de allí en adelante, usando un pulverizador o regadera con un rociador fino para prevenir la compactación del medio. Regar con demasiada frecuencia provoca enfermedades de 'damping off'.



Un espacio perfecto de germinación en el Parque Nacional del Lago Eacham en Queensland, Australia, con bandejas de germinación en bancos de malla metálica. Las bandejas al fondo están protegidas por jaulas de alambre, que se bajan en la noche para evitar ratas y aves. Nota que todas las bandejas de germinación están etiquetadas claramente con el nombre de la especie y fecha de la siembra.

Cuadro 6.2. La latencia y germinación.

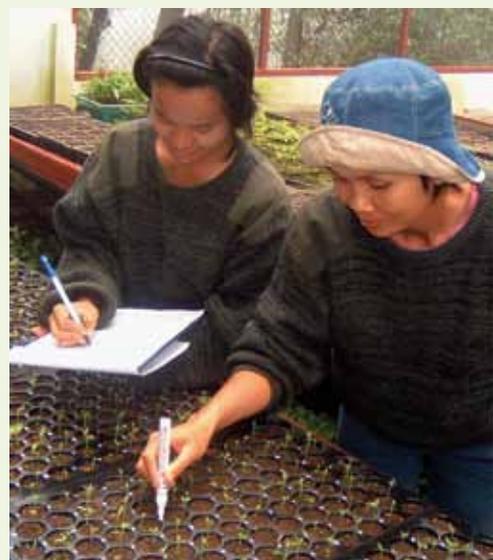
La latencia es el período durante el cual las semillas viables fracasan en germinar, a pesar de tener las condiciones (humedad, luz, temperatura etc.) que normalmente son favorables para las fases más tardías de la germinación y el establecimiento de las plántulas. Es un mecanismo de supervivencia, que previene que las semillas germinen durante las estaciones en que es probable que las plántulas mueran.

La latencia puede originarse en el embrión o en los tejidos que lo rodean (es decir, el endosperma, la testa o el pericarpio). La latencia que se origina en el embrión puede deberse a i) una necesidad de más desarrollo del embrión (después de la madurez); ii) la inhibición química del metabolismo; iii) una movilización de las reservas de alimento bloqueada; o iv) insuficientes hormonas de crecimiento de la planta. La latencia provocada por la cubierta de las semillas puede ser causada por i) restricción del transporte del agua u oxígeno hacia el embrión; ii) una restricción mecánica de la expansión del embrión; o iii) químicos que inhiben la germinación (siendo el más común el ácido abscísico). En muchas especies de plantas, la latencia resulta de una combinación de varios de estos mecanismos.

La germinación consiste de tres procesos superpuestos. i) La absorción de agua causa el hinchamiento de la semilla y la rotura de la cobertura de la semilla. ii) Las reservas de alimento en el endosperma son movilizadas y transportadas a la raíz del embrión (radícula) y el brote (plúmula), que empiezan a crecer y empujar contra la cubierta de la semilla. iii) La fase final (y la definición más precisa de la germinación) es la emergencia de la raíz del embrión a través de la cubierta de la semilla. En pruebas de germinación, esto puede ser difícil de observar ya que las semillas están enterradas, de modo que la emergencia del brote del embrión puede usarse también para indicar la germinación.

Número de especie:		Número de lote:	
HOJA DE REGISTRO DE GERMINACIÓN			
Especie:			
Fecha de siembra:		Cantidad de semillas plantadas:	
Germinó	Fecha	Días desde la siembra	
Primera semilla			
Semilla mediana			
Semilla final			
Cantidad germinada		% de germinación:	
Fecha de repique:			
Núm. de plántulas repicadas:			
Fecha	Núm. germinado	Fecha	Núm. germinado

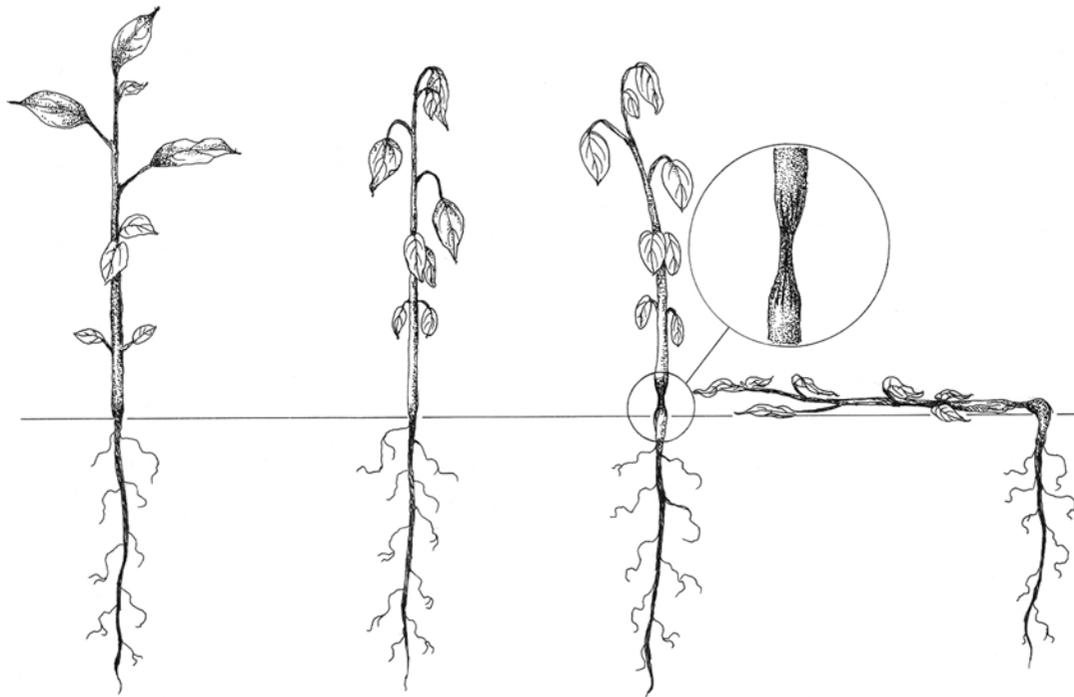
La germinación de semillas es influenciada por la humedad, la luz y la temperatura. Las plántulas están en su momento más vulnerable a enfermedades, daños mecánicos, estrés fisiológico y depredación justo después de germinar, de modo que debes poner cuidado en proteger las semillas que están germinando de infecciones, vientos desecantes, lluvias y rayos solares fuertes.



Hacer un seguimiento de la germinación gradualmente, mejora la eficacia del vivero a lo largo del tiempo.

Enfermedades de 'damping off'

El término 'damping off' (o caída de plántulas) se refiere a enfermedades que son causadas por varios géneros de hongos del suelo, incluyendo *Pythium*, *Phytophthora*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*, que pueden atacar a las semillas, brotes pre-emergentes y plántulas jóvenes. El 'damping off' preemergente ablanda la semilla y la vuelve marrón o negra. El 'damping off' postemergente ataca los tejidos suaves de las plántulas recién germinadas justo por encima de la superficie del suelo. Las plántulas infectadas parecen estar pellizcadas en la base del tallo, que se vuelve marrón.



Las enfermedades de 'damping off', que son causadas por varios hongos, empiezan con lesiones marrones que aparecen en los tallos, justo encima de la superficie del suelo. Las lesiones se expanden y las hojas se marchitan. Finalmente, el tallo colapsa y la plántula muere.

En caso de que se conviertan en un problema serio, las enfermedades de 'damping off' se pueden controlar con fungicidas como Captan. El uso de químicos no es deseable, pero una aplicación puntual de fungicida en el momento de la erupción de la enfermedad, puede significar la diferencia entre salvar el cultivo de árboles o esperar otro año para volver a recolectar semillas.

Remueve inmediatamente las plántulas infectadas y destrúyelas para prevenir que la enfermedad se propague. Medidas básicas de higiene pueden reducir significativamente la incidencia del 'damping off' y son preferibles a la fumigación con fungicidas. Éstas incluyen no sembrar las semillas demasiado juntas, mantener un medio de germinación bien estructurado, no regar demasiado, asegurar una circulación libre del aire alrededor de las plántulas y desinfectar cualquier herramienta del vivero que haya tenido contacto con el suelo.

Cuadro 6.3. Propagación de las especies de *Ficus*.

Las especies de *Ficus* juegan un papel vital en la restauración de bosques tropicales (ver **Cuadro 2.2**) y varias especies deberían estar siempre creciendo en un vivero de árboles de restauración. Pero propagarlos requiere unas cuantas técnicas especiales. La mejor manera de crear material de plantación de *Ficus* es a partir de las semillas: aunque la propagación a partir de estacas es eficiente, el material de plantación derivado de semillas suele ser más sano y vigoroso. El material que se ha creado a partir de semillas también es genéticamente más diverso, una consideración crucial para los proyectos de conservación de la biodiversidad. Pero producir higueras que son lo suficientemente grandes para ser plantadas a partir de semillas puede tomar de 18–22 meses, de manera que si el material de plantación es requerido con cierta urgencia, prueba con esquejes.



Primero asegúrate de que hay semillas dentro de los higos, así como se observa en este higo hembra de *Ficus hispida*. (Foto: C. Kuaraksa)

Recolecta higos maduros, pártelos y mira si contienen semillas. Los higos de las especies de *Ficus* monoicos contienen tanto flores masculinas como femeninas, de manera que todos sus higos tienen el potencial de producir semillas si es que han sido visitados por las polinizadoras avispas de los higos (ver **Cuadro 2.2**). Los higos dioicos tienen árboles masculinos y femeninos separados. Obviamente, los higos en los árboles masculinos nunca contienen semillas, de modo que consulta una flora para averiguar si la especie que quieres propagar es monoica o dioica.

Un solo higo puede contener cientos o miles de minúsculas semillas duras de color marrón claro. Escarba la masa blanda que contiene las semillas del interior del higo con una cuchara. Prensa la masa a través de un pedazo de malla mosquetera sobre una jarra de agua. Las semillas viables pasarán a través de la red y se hundirán. Derrama la mayor parte del agua y el resto viértelo junto con las semillas (que se han hundido al fondo de la jarra), a través de un filtro fino de té. Lava las semillas cuidadosamente y déjalas que se sequen lentamente durante 1–2 días.



Separa las semillas de la masa blanda dentro del fruto y déjalas airear por unos días.

Espolvorea uniformemente las semillas (apuntando a brechas de 1–2 cm) sobre la superficie del medio de germinación compuesto de una mezcla de 50:50 de arena y cáscara de arroz carbonizada o materiales similares (no incluyas suelo de bosque en el medio). No cubras las semillas. Riega las bandejas a mano usando un fino pulverizador.

La mayoría de las especies empezarán a germinar dentro de 3–4 semanas y la germinación estará completa dentro de 7–8 semanas. Las plántulas de las higueras son diminutas y crecen lentamente al principio. Añadir unos cuantos gránulos de fertilizante de lenta entrega (por ejemplo, Osmocote) justo debajo de la superficie del medio de germinación puede acelerar el crecimiento de las plántulas, pero también puede incrementar la mortandad de las plántulas. Las plántulas de higueras son particularmente susceptibles al ‘damping off’, de modo que remueve las plántulas infectadas inmediatamente y aplica un fungicida como Captan si hubiera una erupción. Repica las plántulas después de que hayan expandido su segundo par de hojas verdaderas (4–10 meses después de la germinación) y plántalas en contenedores y una mezcla de trasplante estándar.

Para producir el material de plantación de esquejes, sigue el método en el **Cuadro 6.5**. Si se está propagando una especie dioica, recolecta un número igual de esquejes tanto de árboles machos como hembras. Aplica auxinas sintéticas para estimular el enraizamiento (Vongkamjan, 2003).

Por Cherdasak Kuaraksa

Sombra

Germina todas las semillas bajo sombra, tanto si son de especies demandantes de luz o tolerantes a la sombra. Si fuera posible, proporciona más sombra a las especies tolerantes de sombra. Al acercarse el momento de repique, reduce el nivel de sombra al existente en el área de crecimiento. Si se han usado varias capas de malla de sombra, remuévelas de una en una.

6.4 Trasplante

¿Contenedores o platabandas?

Los árboles que han sido producidos en platabandas (o camas de trasplante) son conocidos como árboles 'a raíz desnuda', porque retienen muy poco suelo con las raíces cuando se les desentierra para plantarlos. Sus raíces expuestas pierden rápidamente el agua y se dañan con facilidad. Si el sistema de raíces está reducido pero el área de las hojas sigue siendo la misma, las raíces son incapaces de suministrar suficiente agua hasta los brotes para mantener la transpiración y retener la turgencia de las células de las hojas, resultando en marchitamiento y la incrementación de la mortandad. Por ello, el material de plantación a raíz desnuda frecuentemente sufre un 'shock de trasplante' cuando es plantada en sitios deforestados, resultando en tasas de mortandad que son mucho mayores que aquellas de los árboles que han crecido en contenedores.

Con un sistema de contenedores las plántulas son trasplantadas de las bandejas de germinación a contenedores, en los cuales crecerán hasta que estén lo suficientemente grandes para ser plantadas afuera. Los contenedores protegen los árboles durante el transporte hacia los sitios de plantación donde se podrá sacar todo el conjunto de raíces del contenedor, minimizando de esta manera el estrés de trasplante.

Elección de los contenedores

Los contenedores deben ser suficientemente grandes para permitir el desarrollo de un buen sistema de raíces y para soportar un crecimiento adecuado de los brotes. Deben tener suficientes huecos para permitir un buen drenaje, y ser ligeros, baratos, durables y siempre disponibles. Los contenedores pueden estar hechos de una variedad de materiales, como polietileno, barro y materiales biodegradables. Si el financiamiento no alcanza para comprar contenedores, trata de improvisar, convirtiendo cartones, botellas de plástico o latas viejas (no te olvides de hacer huecos de drenaje); hasta las hojas de bananos pueden ser dobladas para hacer contenedores adecuados.

Las bolsas de plástico son probablemente los contenedores más usados. Vienen en una gama de tamaños y son fuertes, ligeras y baratas, y han sido usadas con éxito con una gama muy amplia de especies. Las bolsas de plástico grandes son difíciles de transportar y requieren gran cantidad de sustrato de trasplante, mientras que las pequeñas restringen el desarrollo de las raíces. El tamaño óptimo es 23 × 6.5 cm, que permite que las raíces pivotantes crezcan a una longitud razonable antes de alcanzar el fondo de la bolsa y empezar a crecer en espiral.

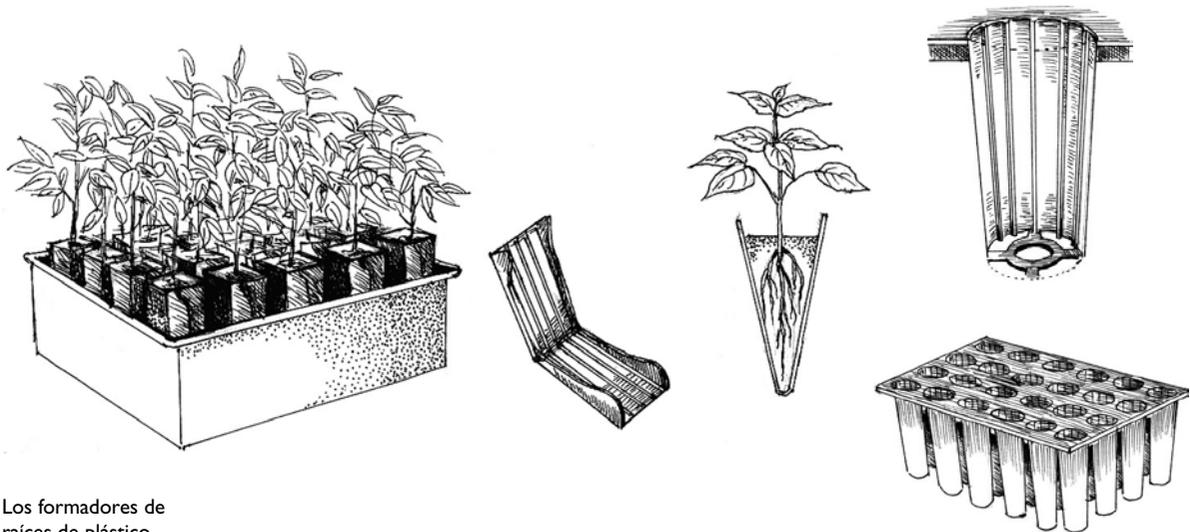
Sin embargo, las bolsas de plástico tienen algunas desventajas. Pueden doblarse con facilidad, particularmente durante el transporte; esto puede dañar el conjunto de raíces, causando que se desmorone durante la plantación. Las raíces de árboles de crecimiento rápido pueden llenar las bolsas rápidamente y empezar a crecer en espiral alrededor del fondo. Esta formación pobre de las raíces, puede incrementar la vulnerabilidad de los árboles al daño por el viento más tarde en la vida. Las raíces pueden crecer a través de los huecos de drenaje y penetrar la tierra debajo, de manera que las raíces son mutiladas cuando se levanta el árbol justo antes de plantarlo, causando un shock de trasplante. Los formadores de raíces pueden reducir este problema.



Las bolsas de plástico (23 × 6.5 cm) son baratas pero no re-usables y pueden causar el rizado de las raíces en las especies de árboles de crecimiento rápido.

'Root trainers' (formadores de raíces)

Los 'root trainers' (formadores de raíces) son macetas de plástico rígido con ranuras a lo largo de los costados que dirigen el crecimiento de las raíces hacia abajo, previniendo que las raíces crezcan en espiral. Los huecos grandes en el fondo permiten la poda por medio del aire (ver **Sección 6.5**). Aunque al inicio es más costoso que muchos otros tipos de contenedores, pueden ser re-usados muchas veces y su rigidez protege el conjunto de raíces durante el transporte.



Los formadores de raíces de plástico rígido vienen en varios diseños y tamaños.

¿En qué consiste un buen sustrato de trasplante?

Una mezcla de trasplante consiste en partículas de suelo finas y gruesas con poros entre ellos que permiten una buena aireación y drenaje. La mezcla debe proveer a los árboles crecientes soporte, humedad, oxígeno, nutrientes y micro-organismos simbióticos.

Las raíces de árboles que crecen dentro de contenedores tienen acceso solo a un volumen limitado de la mezcla. El suelo por si solo es un sustrato inadecuado, porque se compacta con facilidad y el contenedor previene un libre drenaje, causando un anegamiento que ahoga las raíces. Un buen drenaje es esencial, pero la mezcla también debe tener un contenido de materia orgánica que sea adecuado para asegurar que la mezcla permanezca adecuadamente húmeda entre los riegos.

Se pueden incluir varios materiales al sustrato de trasplante, incluyendo arena gruesa o grava (lavada previamente para remover la sal) y suelo superior de bosque. Se puede añadir materia orgánica en forma de carbón de cáscara de arroz, cáscara de coco, cáscara de maní e incluso productos de desecho de la producción agrícola, como la pulpa del fruto de café o caña de azúcar prensada. Alternativamente, trata de hacer compost de los desechos orgánicos. Añadir estiércol de vacas puede incrementar drásticamente las tasas de crecimiento de las plántulas por su rico contenido en nutrientes.

Aunque el suelo superior de bosque por si solo sea un sustrato de trasplante pobre, es un componente importante para ésta porque lleva las esporas de micro-organismos del suelo que ayudan a crecer a los árboles, tales como la bacteria *Rhizobium* y hongo micorriza. Para prevenir la compactación, mezcla suelo de bosque con materia orgánica voluminosa y arena gruesa. Mezcla suelo de bosque con estos ingredientes, 'abre' la mezcla y mejora el drenaje y la aireación. Elijas los materiales que elijas, deben ser baratos y disponibles localmente a lo largo del año.

Tabla 6.3. Sustrato de trasplante estándar

Ingredientes	Proporción	Propiedades benéficas	Ejemplos
Suelo de bosque	50%	Nutrientes, micro-organismos del suelo, soporte estructural	15 cm de suelo negro superior de bosque
Materia orgánica gruesa	25%	Espacios de aire	Cáscara de maní, hojarasca, compost doméstico, corteza de árboles
Materia orgánica fina	25%	Retención de humedad, nutrientes	Fibra de coco, carbón hecho de cáscara de arroz, estiércol seco de ganado

Un sustrato estándar para propósitos generales consiste en 50% de suelo superior de bosque, mezclado con 25% de materia orgánica fina y 25% de materia orgánica gruesa (ver **Tabla 6.3**).

Almacena el sustrato de trasplante en condiciones húmedas, pero protégela de la lluvia. Para prevenir la propagación de enfermedades, nunca recicles el sustrato de trasplante. Cuando deseches árboles débiles o enfermos, desecha también el sustrato en la que crecieron lejos del vivero.



Al hacer una mezcla de sustrato de trasplante, tamiza los materiales para remover piedras o terrones grandes y mézclalo en una superficie dura y lisa con una pala. Los viveros grandes usan mezcladoras de cemento para mezclar sus sustratos de trasplante.

Cuadro 6.4. Plántulas silvestres como semillas alternativas.

Producir un cultivo mixto de especies de árboles 'framework' a partir de semillas, puede llevar 18 meses o más porque se debe esperar a que los árboles parentales fructifiquen y las semillas germinen. De modo que cabe preguntarse si hay una manera más rápida de producir plántulas de árboles 'framework'. Las plántulas silvestres son plántulas que se desentierran del bosque y se cultivan en el vivero. Los árboles del bosque normalmente producen una gran cantidad de plántulas excedentes, la mayoría de las cuales mueren, de manera que desenterrar algunas de éstas y transferirlas al vivero no hace ningún daño al ecosistema del bosque. Si se trasplantan plántulas silvestres de un bosque fresco y umbroso directamente a un sitio abierto y deforestado suelen morir de shock al trasplantarse. De manera que las plántulas silvestres deben ser primero plantadas en macetas, cuidadas en un vivero y endurecidas antes de ser llevadas a plantación. Los investigadores de la Unidad de Investigación de Restauración de Bosques de la Universidad de Chiang Mai (FORRU-CMU) han determinado cómo usar las plántulas silvestres para producir árboles 'framework' para la plantación (Kuarak, 2002).

En el bosque, localiza varios árboles parentales adecuados de la especie requerida, que hayan tenido una fuerte producción de frutos en la temporada previa. Lo mejor es recolectar plántulas de alrededor, de la mayor cantidad posible de árboles parentales para mantener la diversidad genética. Recolectar plántulas que no sean más altas de 20 cm (las más altas tienen alta mortalidad por shock severo de trasplante) dentro de un radio de 5 m del árbol parental (que de otra manera moriría como resultado de la competencia con el árbol parental). La consideración primaria al recolectar plántulas silvestres es minimizar el daño a la raíz, de modo que desentiérralas en la estación de lluvia, cuando el suelo es suave. Extrae las plántulas más jóvenes cuidadosamente con una cuchara o desentierra a las más grandes con una pala jardinera, reteniendo un terrón de suelo alrededor de las raíces. Coloca las plántulas en un balde con un poco de agua, o usa contenedores hechos de tallos de bananos.



En las Filipinas, contenedores hechos de secciones de tallos de plantas de banano hacen las veces de contenedores baratos para transportar plántulas silvestres del bosque al vivero.

Si las plántulas silvestres tienen más de 20 cm. de alto, considera podarlos justo después de desenterrarlos para reducir la mortalidad e incrementar la tasa de crecimiento. Corta de un tercio a la mitad del tallo, pero acuérdate que no todas las especies toleran la poda, de modo que podrías tener que realizar algunos experimentos. Haz un corte de 45° a unos 5 mm por encima de un brote axilar. Alternativamente corta las hojas más grandes a un 50%. Puede que se tengan que podar las raíces secundarias para que las plántulas puedan fácilmente ser trasplantadas a bolsas de plástico de 23 x 6.5 cm llenadas con sustrato de trasplante estándar, sin torcer la raíz pivotante. Mantén las plántulas silvestres trasplantadas bajo sombra densa (20% de luz diurna normal), durante unas 6 semanas o construye una cámara de recuperación. De ahí, sigue el mismo procedimiento usado para el cuidado y endurecimiento de los árboles jóvenes que han sido producidos a partir de semillas. Una vez comparado el crecimiento de las plantas silvestres trasplantadas, con aquellas producidas a partir de semillas, se puede deducir si este método es más rápido y barato.

Cuadro 6.4. continuación.



Una cámara de recuperación de 1×4 m es suficientemente grande para 1,225 plantas. Este ejemplo está construido en un área de sombra del vivero con un marco hecho de bambú partido. El marco está cubierto con una lámina de polietileno, cuyos bordes están hundidos en una zanja poco profunda alrededor de la estructura, de esta manera la cámara queda sellada. La humedad que empieza a acumularse dentro de la cámara, previene el shock de trasplante. Después de unas pocas semanas, se abre parcialmente la cámara de manera que las plantas puedan aclimatarse a las condiciones ambientales y finalmente la cubierta es totalmente removida.

Por Cherdasak Kuaraksa

¿Cuánto sustrato de trasplante se necesita?

Para calcular el volumen de sustrato requerido para llenar los contenedores, mide su radio y altura, y aplica la siguiente fórmula:

$$\text{Volumen total requerido de sustrato} = (\text{radio del contenedor})^2 \times \text{altura del contenedor} \times 3.14 \times \text{número de contenedores}$$

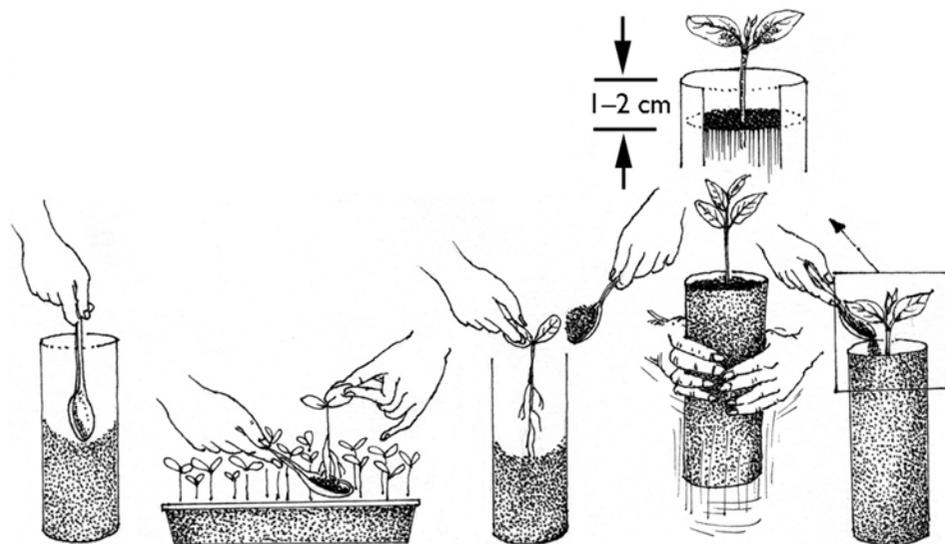
Por ejemplo, para 2,000 bolsas de plástico de 23 × 6.5 cm, necesitarás $(6.5/2)^2 \times 23 \times 3.14 \times 2,000 = 1,525,648 \text{ cm}^3$ o aproximadamente 1.5 m³ de media.

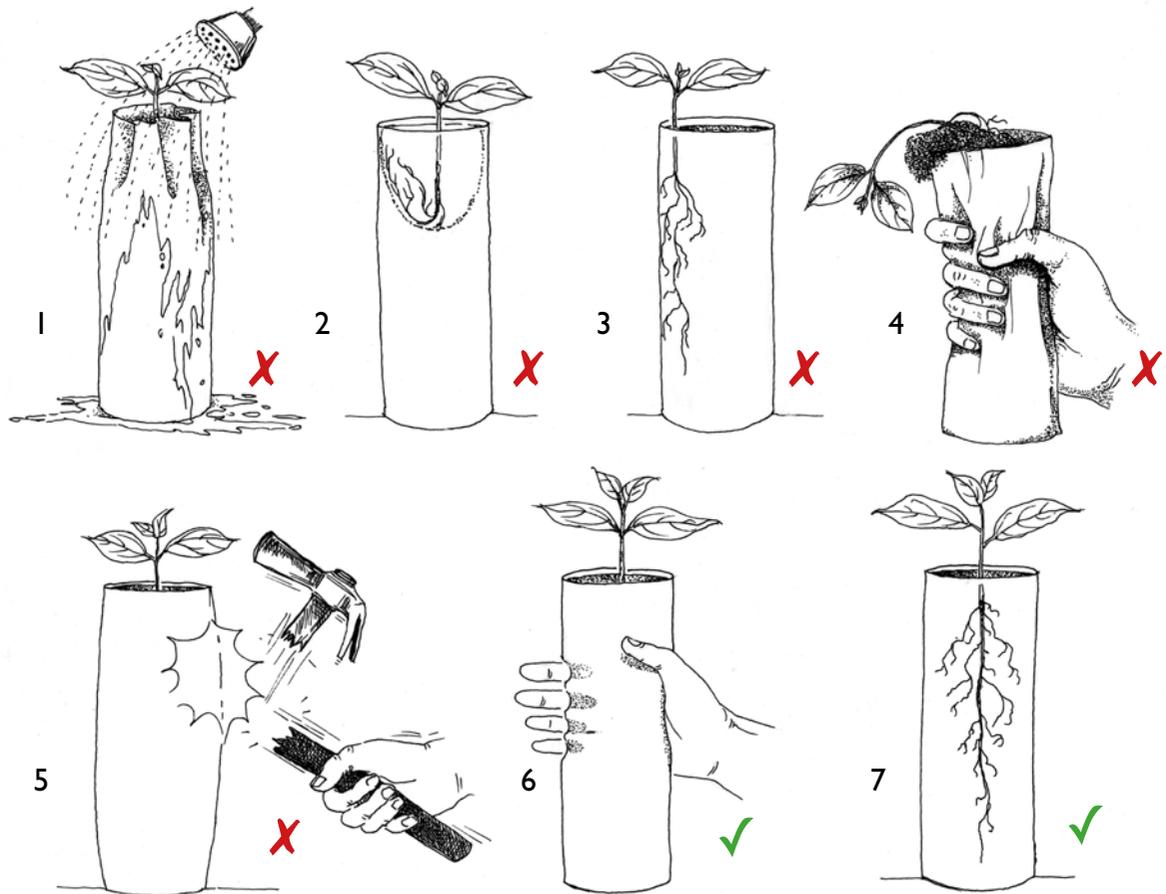
Llenar los contenedores

Primero, asegúrate de que el sustrato esté húmedo pero no mojado: rocíalo con agua si fuera necesario. Al repicar las pequeñas plántulas, llena los contenedores hasta el borde con el sustrato, usando una pala jardinera o cuchara de bambú. Golpea cada contenedor contra el suelo unas cuantas veces para permitir que el sustrato se asiente, antes de añadir más sustrato hasta 1 o 2 cm por debajo del borde del contenedor. El sustrato no debería ser tan compacto, como para inhibir el crecimiento de las raíces y el drenaje, pero tampoco debe estar demasiado suelto. La consistencia del sustrato dentro de las bolsas de plástico puede ser comprobada cogiendo firmemente la bolsa con la mano. La impresión en tu mano debe permanecer después de que hayas soltado la bolsa y la bolsa debe quedarse parada sin apoyo.

‘Repicar’

‘Repicar’ (trasplantar) es transferir las semillas de las bandejas de germinación a contenedores, una tarea que debe llevarse a cabo en la sombra, tarde en el día. Las plántulas están listas para repicar cuando los primeros 1–3 pares de hojas estén completamente expandidos. Llena los contenedores como se ha descrito arriba. Luego usa una cuchara para hacer un hueco en la mezcla que sea lo suficientemente grande como para meter las raíces de la plántula sin doblarlas. Trata a las frágiles plántulas con cuidado. Suavemente agarra una hoja (no el tallo) de una plántula y lentamente extráela fuera de la bandeja de germinación con una cuchara. Coloca la raíz de la plántula en el hueco del sustrato y llena el hueco con más sustrato. Golpea el contenedor contra el piso para que el sustrato se asiente. Llena la superficie del sustrato hasta 1 o 2 cm por debajo del borde del contenedor y hasta que el cuello de raíces de la plántula (la





Problemas potenciales con el trasplante: (1) el sustrato se ha asentado, causando que el borde de la bolsa de plástico colapse y bloquee el riego; (2) las raíces enrolladas harán que los árboles adultos sean vulnerables a las ráfagas de viento; (3) la plántula no está colocada en el centro; (4) el sustrato es demasiado suave; (5) el sustrato está compactado; (6) excelente consistencia del sustrato; y (7) ¡la plántula trasplantada a la perfección!

juntura entre la raíz y el brote) esté a la altura de la superficie del sustrato. Luego, aprieta el sustrato para asegurarte que la planta quede erecta y colocada centralmente. Para plantas más grandes, suspende las raíces en contenedores parcialmente llenos y luego añade cuidadosamente el sustrato alrededor de las raíces.

Almacenamiento de las plantas antes de la plantación

El almacenamiento antes de la plantación se refiere al tiempo que los árboles jóvenes se mantienen en el vivero, desde el trasplante en contenedores hasta el transporte a los sitios de plantación. Después del trasplante de las plántulas, coloca los contenedores en un área de sombra y riega las plántulas. Asegúrate de que las bolsas de plástico permanezcan erectas y no estén muy apretadas. Al comienzo, los contenedores pueden tocarse, pero conforme las plántulas van creciendo, separa los contenedores algunos centímetros el uno del otro para prevenir que las plántulas vecinas les den sombra.

Los contenedores pueden almacenarse en el suelo desnudo, en suelo cubierto con varios materiales o en rejillas de alambre elevadas. Si los contenedores se almacenan en la tierra desnuda, las raíces de los árboles pueden crecer a través de los huecos en la base del contenedor y penetrar en el suelo.

Cuadro 6.5. Esquejes como alternativa a las semillas.

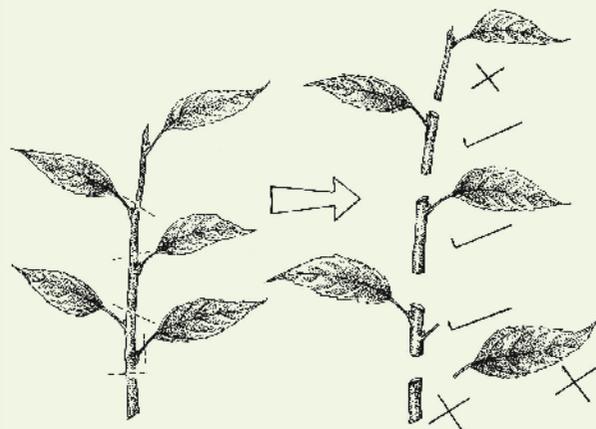
La propagación vegetativa no se recomienda normalmente para producir material de plantación para proyectos de restauración de bosques, porque tiende a reducir la adaptabilidad de diversidad genética (ver **Cuadro 6.1**). Puede ser apropiado, sin embargo, para especies 'framework' raras y altamente deseables cuyas semillas son difíciles de germinar. Para especies como éstas, la propagación por esquejes es aceptable, siempre que éstos sean recolectados de la mayor cantidad posible de árboles parentales.

Los árboles que se producen a partir de esquejes frecuentemente maduran pronto — una característica deseable para una especie de árbol 'framework'. Se pueden usar métodos de baja tecnología para enraizar los esquejes. Longman y Wilson (1993) informaron que la mayoría de especies de árboles tropicales examinadas hasta la fecha, podían enraizarse como esquejes de tallo con hojas en 'poli-propagadores' de baja tecnología y/o bajo niebla. Estos autores proveen una revisión exhaustiva de técnicas, pero recuerda que se han hecho pocos trabajos sobre la propagación vegetativa de la mayoría de especies de árboles tropicales que han de ser útiles para restaurar los ecosistemas de bosques tropicales.

Un estudio de propagación vegetativa en la Unidad de Investigación de Restauración de Bosques de la Universidad de Chiang Mai (FORRU-CMU) proveyó las siguientes recomendaciones para enraizar esquejes de especies 'framework', usando un simple método basado en bolsas de plástico (Vongkamjan, 2003).

Corta brotes de tamaño mediano de brotes jóvenes y vigorosos (se pueden encontrar frecuentemente brotes con hojas en tocones después de la tala o quema), de la mayor cantidad posible de árboles parentales, con un par de tijeras o un cuchillo limpio y afilado. Coloca los esquejes en bolsas de plástico con un poco de agua y llévalos inmediatamente al vivero. En el vivero, corta los esquejes en longitudes de 10–20 cm. Remueve las partes leñosas inferiores y la frágil sección apical. Si cada nudo tiene una hoja o botón, se pueden usar nudos solos, pero para brotes que carecen de botones y tienen internudos cortos, los esquejes pueden incluir 2–3 nudos.

Corta las hojas transversalmente un 30–50%. Corta las bases de los esquejes con un cuchillo afilado de propagación en forma de tacón justo debajo del nudo.



Normalmente se requieren tratamientos de hormonas para estimular la producción de raíces por los esquejes. Cada especie responde de una manera diferente a los varios preparados de hormonas que están disponibles, de modo que será necesario un poco de experimentación. Los productos que contienen auxinas, o ácido de indole-3-butírico (IBA) o ácido naftaleno-1-acético (NAA), en varias concentraciones son los que prometen ser más eficaces. Estos productos vienen normalmente en polvo, que debe ser ligeramente rociado en las bases de los esquejes. Algunos polvos de enraizamiento también contienen un fungicida como Thiram o Captan que ayudan a prevenir enfermedades.

Sigue las instrucciones del envoltorio. Para obtener más consejos sobre el enraizamiento de esquejes de árboles tropicales ver: www.fao.org/docrep/006/AD231E/AD231E00.htm#TOC

Cuadro 6.5. continuación.



Se pueden usar bolsas dentro de bolsas para mantener el 100% de humedad mientras que los esquejes desarrollen sus raíces.

Mezcla 50% de arena con 50% de carbón de cáscara de arroz, para hacer un sustrato de enraizamiento y viértelo en pequeñas bolsas de plástico negras. Planta las bases de los esquejes en el sustrato, riégalo y prénsalo para afirmarlo alrededor de cada esqueje. Coloca grupos de 10 bolsas pequeñas en bolsas de plástico más grandes (20 × 30 cm). Añade un litro de agua y sella la bolsa más grande, resultando en una atmósfera de 100% humedad que mantendrá los esquejes vivos hasta que las raíces crezcan y sean capaces de administrar agua al brote. Fija una etiqueta en cada bolsa con el nombre de la especie y la fecha de propagación. Mantén registros de cuántos esquejes desarrollan raíces y brotes. Riega las bolsas semanalmente y remueve los esquejes y hojas muertas. Cuando los esquejes muestren raíces vigorosas y desarrollo de brotes, trasplántalos en bolsas de plástico de 23 × 6.5 cm y cuidalos como se describe en la **Sección 6.5**.

Por Suphawan Vongkamjan

Cuando se levanten los árboles para plantarlos, esas raíces se romperán de golpe, reduciendo el suministro de agua desde la raíz al brote. Esto puede causar que la planta entre en shock aún antes de que llegue al sitio de plantación. Por ello, los contenedores deben ser levantados cada par de semanas, y cualquier raíz protuberante debe ser podada, antes de que penetre al suelo. Cubrir las camas de almacenamiento con grava muy gruesa puede ayudar a prevenir este problema. Las raíces que crecen dentro de la grava no encuentran nutrientes ni humedad, y mueren gradualmente por exposición al aire. Cubrir el área de almacenamiento con toldos de plástico también previene que las raíces penetren en el suelo, pero el plástico no poroso puede obviamente generar problemas de drenaje.



A



B

(A) El almacenamiento en tierra desnuda funciona bien, pero los árboles jóvenes requieren una atención constante para prevenir que las raíces crezcan en el suelo, debajo de los contenedores. En este vivero, se usan barandas de protección de bambú para mantener las plantas erectas. (B) Cubrir el suelo con grava y luego con una manta porosa ('alfombra de maleza') previene que las raíces crezcan en el suelo subyacente. En este vivero, un sistema de riego nebulizado automático riega las plantas, que son producidas en macetas de plástico cuadradas, rígidas y re-usables.

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

La solución última (y más costosa) es almacenar los contenedores encima de rejillas de alambre elevadas. Las raíces que crecen fuera de sus contenedores son expuestas al aire y dejan de crecer o mueren. A esto se le llama 'poda aérea' (ver **Sección 6.5**). Fomenta la ramificación de las raíces dentro de los contenedores y la formación de cepellones densos, que incrementan la supervivencia de los árboles después de haber sido llevados a plantación.



Alojamiento de cinco estrellas para los árboles. Los árboles se asientan sobre rejillas de alambre elevadas del suelo, permitiendo la poda de las raíces por medio del aire. Mallas de sombra removibles permiten el control de las condiciones de luz.

6.5 El cuidado de los árboles en el vivero

Requerimientos de sombra

Después de repicar, coloca las plántulas debajo de un 50% de sombra para prevenir que las hojas se quemen y marchiten. Las mallas de sombra, graduadas según el porcentaje de sombra que proporcionan, se pueden comprar en la mayoría de tiendas de suministro agrícola. Cuélgalas en un marco de 0.5–2.5 m por encima del suelo. Si no puedes conseguir mallas de sombra o si son demasiado caras, materiales locales como hojas de cocoteros, tiras delgadas de bambú e incluso pasto seco son efectivos, pero procura no dar demasiada sombra con estos materiales. Más del 50% de sombra producirá árboles altos y débiles que son susceptibles a enfermedades. Aún bien establecidos en sus contenedores, los árboles permanecerán vulnerables a temperaturas demasiado altas y a pleno sol. Por consiguiente, también deben ser mantenidos bajo sombra ligera hasta que estén listos para el endurecimiento.

Riego

Cada contenedor retiene una cantidad de agua relativamente pequeña, de manera que las plántulas pueden secarse rápidamente si el riego es interrumpido por más de un día, especialmente en la estación seca. Por otro lado, regar demasiado puede saturar el estrato y ahogar las raíces, lo cual puede ser tan dañino para la planta como la deshidratación.

6.5 EL CUIDADO DE LOS ÁRBOLES EN EL VIVERO

Riega los árboles cada mañana y/o al anochecer para evitar el calor del día. Si hay alguna duda sobre la fiabilidad del suministro de agua, instala un sistema de tanques de agua como suministro de reserva. Los trabajadores del vivero responsables del riego, deben registrar en un calendario cada vez que se realiza un riego.

Los grandes viveros comerciales frecuentemente usan un sistema de pulverizadores que están interconectados con tubos, permitiendo un riego sin esfuerzo siempre que se abra el grifo, pero estos sistemas son caros. En viveros que producen muchas especies diferentes de árboles, con diferentes requerimientos de riego, se recomienda el riego a mano usando una regadera o una manguera con una roseta de agujeros finos. Esto permite a los trabajadores del vivero evaluar la sequedad de cada lote de árboles y ajustar de acuerdo a la cantidad de agua suministrada.

Normalmente se requiere un entrenamiento de la persona responsable del riego, para que pueda juzgar cuánta agua debe proveer. Durante la estación de lluvia, puede ser posible que no se requiera regar los árboles jóvenes durante varios días en un vivero abierto. Por otro lado en la estación seca, puede que sea necesario regarlos dos veces al día. Los árboles jóvenes están listos para ser regados cuando la superficie del suelo empieza a secarse. La presencia de musgos, algas o líquenes en la superficie del sustrato, indica que se está dando demasiada agua a las plántulas; éstos se deben remover y se debe reducir el riego. Las malezas pueden competir agresivamente por agua, así que elimínalas de los contenedores.

Un cuidado especial se requiere al regar las bandejas de germinación: se debe usar una roseta de agujeros finos y el riego debe llevarse a cabo con un movimiento de barrido para no dañar las plántulas.

Fertilizantes

Los árboles requieren grandes cantidades de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K), cantidades moderadas de magnesio, calcio y azufre, y cantidades ínfimas de hierro, cobre y boro y otros nutrientes minerales para sustentar un crecimiento óptimo. El sustrato de trasplante puede suministrar las cantidades adecuadas de estos nutrientes, especialmente si se usa rico suelo de bosque, pero la aplicación de fertilizantes adicionales puede acelerar el crecimiento. Tu servicio de extensión agrícola o departamento de agricultura local, puede analizar el contenido de nutrientes del sustrato que usas y aconsejarte sobre los requerimientos de fertilizantes.

La decisión de aplicar fertilizantes depende, no solamente de la disponibilidad de nutrientes en el sustrato de trasplante, sino también de la tasa de crecimiento requerida, o de la apariencia de las plántulas. Las plantas que tienen síntomas de deficiencia de nutrientes, como hojas amarillas, deben recibir fertilizantes. También se deben aplicar fertilizantes cuando sea necesario acelerar el crecimiento para asegurar que las plantas estén listas para la estación de plantación.



El riego a mano permite más control que el que se proporciona con sistemas automáticos.



La aplicación de 10 gránulos de fertilizante de lenta difusión cada 3–6 meses, puede significar la diferencia entre las plántulas que crecen lo suficientemente altas para el momento de la plantación, y tener que mantenerlos otro año en el vivero.

Se recomienda el uso de un fertilizante de lenta entrega, de alrededor de 1.5 g por litro de mezcla. En la FORRU-CMU, se obtuvieron buenos resultados para muchas especies, añadiendo aproximadamente 10 gránulos de 'Osmocote' NPK 14:14:14 (aprox. 0.3 g) a la superficie del sustrato en cada contenedor cada 3 meses. También se consigue con facilidad y es recomendado 'Nutricote'. Aunque los fertilizantes de lenta entrega son caros, se aplican solamente cantidades muy pequeñas cada 3–6 meses, así que los costos de mano de obra para su aplicación son muy bajos.

Alternativamente, se puede usar un fertilizante ordinario, o bien un fertilizante sólido mezclado con el sustrato (como guía general 1–5 g por litro de sustrato) o disuelto en agua. Disuelve aproximadamente 3–5 g de fertilizante por litro de agua y aplícalo con una regadera. Luego, riega otra vez los árboles jóvenes con agua fresca para lavar la solución del fertilizante de las hojas. Este tratamiento debe repetirse cada 10–14 días, de modo que requiere bastante más tiempo y trabajo que usando los gránulos de lenta entrega.

No apliques fertilizantes i) a especies de crecimiento rápido que llegarían a un tamaño plantable antes de la estación óptima de plantación (y que crezcan fuera de sus contenedores), ii) a especies de la familia de las leguminosas, o iii) justo antes del endurecimiento (ya que en este período no se debe fomentar el crecimiento de nuevos brotes). El exceso de fertilizante puede resultar en la 'quema química' de las plantas y puede matar a los micro-organismos benéficos del suelo, como los hongos micorrizas.

Hongos micorrizas

Los hongos micorrizas (asociación hongo-raíz) forman relaciones 'simbióticas' benéficas con las plantas. Forman extensas redes de finas hifas fúngicas que irradian de las raíces de los árboles hacia el suelo de alrededor. Los hongos transfieren nutrientes a los árboles de un volumen de suelo mucho mayor de lo que podría explotar el sistema de raíces del árbol por sí solo. A su vez, los hongos obtienen de los árboles carbohidratos (como fuente de energía). Hay dos tipos principales de micorriza que se asocian con los árboles: las ectomicorrizas y las micorrizas arbusculares vesiculares (MAV). Las ectomicorrizas forman una funda de hilos fúngicos alrededor de las raíces del árbol que se extiende entre las células de la planta pero no las penetra. Todos los dipterocarpos, algunas leguminosas, muchas coníferas y algunos árboles de hoja ancha (por ejemplo, los robles) tienen ectomicorrizas. Los MAV viven dentro de las raíces y en verdad penetran las células de éstas. Pueden encontrarse en la vasta mayoría de árboles tropicales, pero sabemos relativamente poco sobre la diversidad de las micorrizas en los bosques tropicales o sobre su papel en mantener la complejidad de los ecosistemas de los bosques tropicales. Es por ello imposible prescribir acciones detalladas para el uso de micorrizas en viveros de árboles de bosque.

Sin embargo, sí sabemos que la inoculación de micorrizas puede incrementar la supervivencia y el crecimiento de árboles producidos en viveros después de que hayan sido llevados a plantación, especialmente en tierras altamente degradadas que han estado sin vegetación nativa o suelo superior por varios años (por ejemplo, tierra de mina). Al incluir suelo de bosque en el sustrato de trasplante, la mayoría de especies de árboles nativos es naturalmente infectada con hongos micorriza y la inoculación con micorrizas producidas comercialmente no tienen ninguna ventaja significativa (Philachanh, 2003).

Control de maleza

Las malezas que están presentes en el vivero pueden albergar pestes, y sus semillas pueden propagarse de contenedor en contenedor. Pastos, hierbas y trepadoras deben ser removidas del suelo del vivero antes de que lleguen a florecer. Las malezas que colonizan los contenedores compiten con la plántula del árbol por agua, nutrientes y luz. Si no se actúa cuando aún son pequeñas, las malezas pueden ser difíciles de remover de los contenedores, sin dañar las raíces de las plántulas. Examina frecuentemente los contenedores y usa una espátula sin filo para remover las malezas cuando son todavía pequeñas. Desmaleza por la mañana, de manera que los fragmentos de maleza restantes se sequen durante el calor del día. Ponte guantes cuando tengas que remover malezas espinosas o nocivas. También remueve todos los musgos o algas que crezcan en la superficie de la mezcla. Obviamente, en un vivero de árboles no se pueden usar herbicidas para controlar la maleza.

Cuídate y evita las serpientes o insectos venenosos que se esconden en el denso follaje de un lote de plántulas creciendo en los contenedores.



Más maleza que árboles. Desmaleza regularmente el vivero para prevenir la acumulación de malezas en los contenedores.

Enfermedades

Prevención de enfermedades

Las enfermedades pueden ocurrir aún en los viveros mejor mantenidos y hay tres causas principales:

- **hongos** — aunque algunas especies son benéficas, otras causan el 'damping off', putrefacción de las raíces y manchas en las hojas (plagas y corrosión).
- **bacterias** — la mayoría son inofensivas, pero algunas causan 'damping off' y úlceras; y
- **virus** — la mayoría no causa problemas, pero algunos causan manchas en las hojas.

La prevención es mejor que la cura, de modo que mantén los contenedores, herramientas y superficies de trabajo limpias, lavándolos en una solución de cloro doméstico. Sigue las instrucciones del fabricante en cuanto a la concentración, poniendo cuidado que el cloro no entre en contacto con tu piel o tus ojos. Si vas a re-usar contenedores de plástico rígido, lávalos meticulosamente. No recicles las bolsas de plástico o el sustrato.



Las macetas de plástico rígido pueden re-usarse provisto de que se limpien adecuadamente, pero las bolsas de plástico deben desecharse lo suficientemente lejos del vivero, para prevenir la acumulación de patógenos.

Detectar y controlar las enfermedades

Se necesita una constante vigilia para prevenir la erupción de enfermedades. Asegúrate de que todo el personal del vivero aprenda a reconocer los síntomas de las enfermedades comunes de las plantas y que todos los árboles jóvenes sean inspeccionados al menos una vez a la semana. Para prevenir la propagación de enfermedades, asegúrate de que las plantas no se rieguen demasiado, que haya un drenaje adecuado dentro y debajo de los contenedores, y que las plantas estén suficientemente espaciadas para permitir la circulación del aire alrededor de ellas y para prevenir la transferencia directa de patógenos desde plántulas individuales a sus vecinas. Usa desinfectante para lavar las herramientas y aquellos guantes de coma que entren en contacto con plantas enfermas.

Si hubiera una epidemia, remueve todas las hojas infectadas y desecha inmediatamente todas las plantas muertas. Quémalas a una buena distancia del vivero. No recicles el sustrato o las bolsas de plástico en las que crecieron. Si usas contenedores rígidos, lávalos con desinfectantes y sécalos al sol durante varios días antes de reusarlos. Inspecciona diariamente las plantas hasta que la epidemia haya terminado.

No debería ser necesario fumigar rutinariamente con químicos. Los químicos son caros y son un riesgo para la salud si no se utilizan adecuadamente. Si fuera necesario fumigar un lote de plantas infectadas, trata primero de identificar la enfermedad (fúngica, bacteriana o viral) y selecciona el químico adecuado. Por ejemplo, el Iprodione es activo contra las manchas fúngicas en las hojas, mientras que el Captan es particularmente efectivo contra el 'damping off'.

Al usar cualquier fungicida, lee las advertencias de salud en el envoltorio y sigue las precauciones de protección recomendadas.

Donde las enfermedades se vuelven predominantes, considera desinfectar el sustrato, al calentarlo al sol. Esto matará la mayoría de patógenos, pestes y semillas de malezas, pero también podría matar a los micro-organismos benéficos del suelo, de manera que considera re-inocular la mezcla con micorriza.

Control de pestes

La mayoría de insectos son inofensivos e incluso benéficos, pero algunos pueden rápidamente defoliar a árboles jóvenes o dañar sus raíces y causar la muerte. No todas las pestes son insectos: los gusanos nematodos, las babosas y los caracoles, e incluso animales domésticos, pueden causar problemas.

Las pestes más importantes incluyen insectos defoliadores, como orugas, gorgojos y grillos; perforadores de brotes, particularmente las larvas de escarabajos y polillas; insectos chupadores como el pulgón, chinches harinosas y cochinillas; comilones de raíces, como los gusanos nematodos; gusanos cortadores, las larvas de ciertas polillas; y termitas, que también destruyen las estructuras del vivero. Además de comerse las plantas, las pestes pueden transmitir enfermedades.

Inspecciona los árboles cuidadosa- y regularmente por pestes para asegurar que la infección no se desarrolle. Remueve animales dañinos o sus huevos a mano, o fumiga los árboles jóvenes con un fungicida suave. Si esto no es suficiente para prevenir la plaga, entonces fumiga los árboles jóvenes con insecticida. La prevención es mejor que la cura, ya que la mayoría de insecticidas son perjudiciales para los humanos. Es por ello esencial que leas las etiquetas en los envoltorios del insecticida y sigas las instrucciones cuidadosamente, observando todas las precauciones recomendadas por el fabricante. Selecciona el químico más apropiado para la especie particular de peste presente. Por ejemplo, el 'Pirimicarb' es activo contra pulgón, el 'Aldrin' se puede usar contra termitas, y 'Pyrethrin' es un insecticida más general.



No todas las plagas son pequeñas — este vivero en el oeste de Tailandia está protegido de los elefantes por un cerco eléctrico.



No todas las plagas son pequeñas. Perros, cerdos, gallinas, reses y otros animales pueden causar estragos en un vivero en pocos minutos. De modo que, donde hubiera estos animales, asegúrate de que el vivero esté protegido por un cerco resistente.

Control de calidad por clasificación

La clasificación es un método efectivo de control de calidad. Implica ordenar los árboles en crecimiento por su tamaño, a la vez que se remueve a los atrofiados, enfermos o débiles. De esta manera, solo los árboles más sanos y vigorosos son seleccionados para el endurecimiento y la posterior plantación y así se maximiza la supervivencia post-plantación. Cuando el vivero está lleno, las plantas más pequeñas y débiles pueden identificarse fácilmente, y ser removidas para hacer sitio a plantas nuevas y más vigorosas.



La clasificación es la mejor manera de control de calidad.

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

Realiza la clasificación al menos una vez al mes. La poda de raíces y la inspección pueden realizarse al mismo tiempo. Lava frecuentemente tus manos, los guantes y las tijeras de podar en desinfectante, para prevenir la propagación de enfermedades de un bloque a otro. Desecha las plantas de baja calidad y quémalas lejos del vivero, y no recicles el sustrato ni las bolsas de plástico en las que crecieron. Los trabajadores del vivero, a veces, se resisten a eliminar las plantas de baja calidad, pero mantenerlas es una falsa economía, ya que desperdician espacio, trabajo, agua y otros recursos del vivero que sería más eficiente proveer a las plantas sanas. Las plantas de calidad baja son susceptibles a enfermedades, y por ello plantean un riesgo de salud para todo el vivero.

El administrador del vivero debe producir árboles de alta calidad, que se desempeñarán adecuadamente una vez plantados afuera, en las duras condiciones que son típicas de los sitios deforestados. Tanto los brotes como el sistema de raíces de los árboles jóvenes, deben estar sanos y equilibrados entre ellos. Esto reduce el estrés de trasplante, la mortandad de los árboles y el riesgo de tener que replantar al año siguiente. Es una falsa economía y un desperdicio de tiempo plantar árboles de baja calidad.



1. Crecimiento de raíces y brotes desequilibrado: el brote es demasiado largo y delgado y podría quebrarse fácilmente al ser manipulado. Pódalo lo suficiente antes del tiempo de plantación.
2. Un tallo malformado compromete al crecimiento futuro, las plantas que tienen tallos como éstos deben ser desechadas.
3. Las plantas que han sido atacadas por insectos deben quemarse, y las plantas supervivientes fumigadas con insecticida, para prevenir que la plaga se propague.
4. Desecha las plantas cuyo crecimiento sea atrofiado al compararlas con otras plantas de la misma edad.
5. Esta planta está perdiendo sus hojas, posiblemente como resultado de una enfermedad; debe quemarse.
6. Este contenedor fue desechado y permaneció algún tiempo yaciendo a un costado, resultando en un tallo chueco – desecha plantas como éstas.
7. La planta perfecta está bien equilibrada, libre de enfermedades y recta; con un cuidado adecuado y una clasificación rigurosa, todas las plantas en tu vivero deberían verse como ésta.

Un sistema de raíces sano

Los sistemas de raíces son mucho más importantes para la supervivencia de los árboles que los brotes. Una planta puede sobrevivir y rebrotar después de haber perdido su brote, pero no de haber perdido sus raíces. El sistema de raíces debe constantemente suministrar agua y nutrientes a los brotes. El crecimiento de las raíces es afectado por el contenedor, el sustrato de trasplante, el régimen de riego y por plagas y enfermedades. Al momento de llevar a plantación, el sistema de raíces de los árboles en contenedores debe:

- formar un conjunto de raíces compacto que no se desmorone cuando el árbol sea removido de su contenedor;
- estar densamente ramificado con un equilibrio entre raíces gruesas de soporte y finas que absorben agua y nutrientes;
- no haber formado espirales en la base del contenedor;
- ser capaces de soportar el sistema de brotes;
- estar infectados con hongos micorriza y (si el árbol fuera una leguminosa) con una bacteria fijadora de nitrógeno; y
- estar libres de plagas y enfermedades.

Si los contenedores son almacenados en la tierra desnuda, álzalos con frecuencia y poda las raíces protuberantes usando un par de tijeras de podar limpias (haz esto al final de la tarde para minimizar la pérdida de humedad). Alternativamente, inhibe el crecimiento de las raíces más allá de los contenedores, almacenando los árboles en grava o mesones de rejillas de alambre elevados, que permiten la poda de raíces por medio del aire (ver **Sección 6.4**).

Tamaño de los árboles jóvenes al momento de la plantación

La altura de los árboles jóvenes al momento de la plantación no es tan importante como lo es su capacidad de producir brotes nuevos y vigorosos. Algunas especies de árboles pioneros de crecimiento rápido pueden ser llevados a plantación cuando tienen solo 30 cm de altura; para las especies de *Ficus*, el tamaño recomendado es de 20 cm (Kuaraksa & Elliott, 2012). Para especies de árboles de bosque clímax de crecimiento más lento, es mejor plantarlas cuando los arbolitos tengan una altura de 40–60 cm. Los árboles jóvenes pequeños tienen una tasa de mortandad post-plantación mucho más alta que los más grandes por la competencia con las malezas, pero árboles jóvenes muy altos son más susceptibles al shock de trasplante y más difíciles de transportar.

Poda de brotes

La poda de brotes es necesaria para las plantas de especies de crecimiento rápido, que deben mantenerse en el vivero durante mucho tiempo. Estos árboles se vuelven demasiado incómodos de manejar durante el transporte y la plantación. Los tallos de árboles jóvenes muy altos, se quiebran con facilidad cuando se les mueve. En algunas especies, la poda fomenta la ramificación. Esta es una característica deseable porque la expansión de las copas sombrea a las malezas y rápidamente cierra el dosel. Nunca podas los brotes en el mes antes de ser



La poda de raíces fomenta tanto la ramificación de las raíces dentro de la maceta como la formación de un conjunto de raíces compacto, incrementando de este modo la supervivencia de los árboles después de haber sido llevados a plantación.

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

plantados, porque la poda promueve el crecimiento de nuevas hojas justo cuando los árboles jóvenes están a punto de ser expuestos al estrés de trasplante. Justo después de plantar, el sistema de raíces podría ser incapaz de absorber el agua suficiente para suministrar a las nuevas hojas, de modo que cualquier cosa que estimule el rompimiento de brotes debe ser evitado. Algunas especies no responden bien a la poda, o se vuelven altamente susceptibles a infecciones fúngicas después de la poda. De manera que, antes de intentar podar una gran cantidad de árboles jóvenes, experimenta con unos pocos para comprobar los efectos de la poda.

Endurecimiento

El destete o 'endurecimiento', prepara los árboles jóvenes para la difícil transición del medio ambiente ideal en el vivero, a las duras condiciones de los sitios deforestados. Si no se les endurece para las condiciones cálidas, secas y soleadas de los sitios de plantación, los árboles plantados sufrirán el shock de trasplante y las tasas de mortandad serán altas.

Aproximadamente 2 meses antes de la plantación, traslada todos los árboles jóvenes a un área separada del vivero y gradualmente reduce su sombra y la frecuencia de riego. Los árboles demandantes de luz deben permanecer a pleno sol durante el último mes en el vivero. La sombra debe ser reducida, pero no quitada del todo, para las especies tolerantes a la sombra que no serán plantadas en pleno.

Reduce gradualmente el riego a aproximadamente el 50%, para disminuir el crecimiento de los brotes y asegurar que las hojas nuevas que se van formando no sean relativamente pequeñas. Durante el endurecimiento, riega los árboles jóvenes solo una vez a última hora de la tarde, en vez de dos (temprano en la mañana y en la tarde). Riega los árboles jóvenes que normalmente se riegan una vez al día, un día sí y otro no. No reduzcas el riego hasta el punto en que las hojas empiecen a marchitarse, ya que esto estresará y debilitará los árboles jóvenes. Sin importar el cronograma normal, riega las plantas apenas observes algún marchitamiento.

Mantener un registro

Mantener un registro y etiquetar las bandejas de semillas facilita el manejo eficiente del vivero.

Aprender de la experiencia es solo posible si tanto las actividades del vivero como el desempeño de cada especie se registra con exactitud. Los registros son esenciales para prevenir que los nuevos trabajadores del vivero, cometan los mismos errores que los anteriores. También se usan para evaluar la productividad y los logros del vivero (por ejemplo, el número de especies de árboles jóvenes en crecimiento) y para elaborar los cronogramas de la producción de especies.



Provee con etiquetas las bandejas de semillas y plantas en el vivero con el nombre de la especie, número de lote y fechas de recolección de semillas y repique. Usa la hoja de registro en el **Apéndice (A1.6)** para registrar cuándo y dónde ha sido recolectado cada lote de semillas y qué tratamientos fueron aplicados, junto con las tasas de germinación y crecimiento, las enfermedades observadas, y así seguidamente. Finalmente, registra cuándo y hacia dónde los árboles jóvenes fueron despachados para la plantación.

6.6 Investigar para mejorar la propagación de los árboles nativos

Los protocolos estándar trazados arriba, son suficientes para que puedas empezar a producir una amplia gama de especies de árboles de bosque. Pero, a la vez que vas ganando experiencia, querrás refinar estas técnicas y desarrollar cronogramas de producción individuales para cada especie que se está propagando, y así mejorar la eficacia y reducir los costos de tu vivero. Aquí, proveemos algunos procedimientos básicos de investigación para ayudarte a producir árboles jóvenes de alta calidad, vigorosos y libres de enfermedades, del tamaño requerido en el momento óptimo de plantación, lo más rápido y económico posible. Esto se logra realizando experimentos básicos controlados, para probar los tratamientos que, o bien aceleran o bien disminuyen la germinación de las semillas y/o el crecimiento de las plántulas.

Selección de especies para la investigación

Se proporcionó una guía de candidatos para especies 'framework' y plantación de vivero en las **Secciones 5.3 y 5.5**, respectivamente. Es muy probable que los protocolos de propagación ya hayan sido bien investigados para cualquier especie de valor comercial. De modo que empieza por una investigación de la literatura, para averiguar qué es lo que ya se sabe sobre las especies que quieres producir y dónde se encuentran las brechas en el conocimiento.

Reconocer e identificar árboles

Al comienzo del programa de investigación de la restauración, no se conocerán todos los nombres científicos de las especies, de modo que es útil asignar un número a cada especie de la que se recolecta semillas: la primera especie que proporcione semillas será E001, la segunda E002 y así sucesivamente. Los lotes posteriores de semillas que se recolectaren de la misma especie, serán etiquetados con la misma "E", pero se le asignará su número propio de lote. Es decir, "E001L1" sería el primer lote de semillas recolectadas de la especie num. 1, y "E001L2" sería el segundo lote de semillas recolectadas de la especie núm. 1, o bien del mismo árbol en otra fecha o de un árbol diferente de la misma especie. El personal del vivero frecuentemente recuerda mejor el número de una especie que el nombre científico y, con un poco de experiencia, los números serán usados con más consistencia que los nombres locales. Enumera todas las especies y sus números "E" en una pizarra en el vivero y mantenlo al día. Luego, provee con una etiqueta, cada bandeja de germinación de semillas y bloque de plántulas en contenedores en sus números "E" y "L".



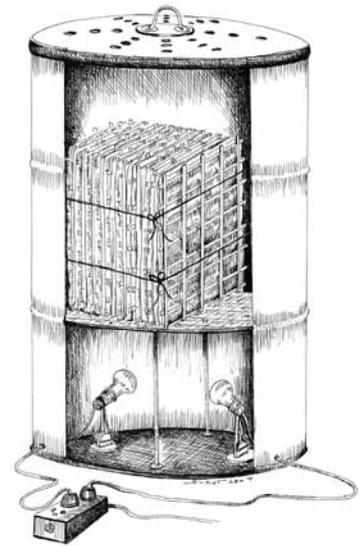
Despliega una lista de números "E", junto con los nombres científicos, de manera que todo el personal del vivero sepa con qué especie está trabajando.

A cada número de especie le debe corresponder un nombre científico. Los nombres locales, coloquiales, también se pueden anotar, pero no se puede confiar en ellos porque los pobladores frecuentemente agrupan bajo un mismo nombre varias especies similares o usan nombres diferentes para referirse a la misma especie. Recolecta especímenes voucher (testigos) de todos los árboles de los que se recolectan semillas. Si hubiera cualquier duda posterior sobre una especie de árbol en el vivero o aquellos plantados en las pruebas de campo, se puede re-examinar el espécimen voucher del árbol semillero para confirmar o cambiar el nombre de la especie. Los taxonomistas botánicos frecuentemente revisan las clasificaciones de las plantas y cambian los nombres de las especies, de modo que si se tiene un espécimen voucher con un número de especie atado, puede reducir la confusión.

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

Siempre recolecta un espécimen voucher que se pueda usar para confirmar la identificación de la especie.

Construye una caja simple de secado en la que se utilizan focos de luz, para suavemente secar los especímenes.



Usa un cortador fijado a un palo para conseguir muestras de follaje, frutos y/o flores. Poda los especímenes sin perder las características esenciales (por ejemplo, la disposición de las hojas, la ramificación de los racimos con frutos etc.) hasta que quepa bien en una prensa de plantas tamaño estándar. En el vivero, construye una simple caja de secado que use focos eléctricos para proveer un suave calor para secar los especímenes. Escribe una etiqueta para cada espécimen que incluya los números "E" y "L", los nombres locales, detalles de la ubicación del árbol, y descripciones de la corteza y cualquier característica que pudiera cambiar con la deshidratación, particularmente los colores.

Fija los especímenes en papel robusto usando las técnicas estándar de herbario. Si hay espacio y el personal adecuado y las facilidades, empieza a hacer tu propio herbario. Almacena los especímenes fijados en cabinas adecuadas y apunta la información en las etiquetas de los especímenes en una base de datos. Toma precauciones para prevenir que insectos u hongos ataquen los especímenes. Como seguridad adicional, haz varias copias de herbario para cada espécimen y aloja los duplicados en herbarios reconocidos. Para mayor información revisa el libro *'The Herbarium Handbook'* publicado por el Royal Botanic Gardens, Kew, UK (www.kewbooks.com).

Fenología

La fenología es el estudio de las respuestas de los organismos vivos a los ciclos estacionales y a las condiciones medio ambientales. En silvicultura, los estudios de fenología se usan para determinar cuándo colectar semillas y para aprender cómo funciona el bosque (particularmente en cuanto a la reproducción y las dinámicas del bosque se refiere), de manera que la misma funcionalidad se pueda replicar en un bosque restaurado.

El florecimiento y fructificación de muchos árboles tropicales, están normalmente relacionados con las variaciones estacionales de la humedad (Borchert *et al.*, 2004) y radiación de energía solar (insolación) (Calle *et al.*, 2010). Los ciclos de los eventos reproductivos están muy marcados en los trópicos estacionales, pero los ciclos de florecimiento y fructificación se pueden observar incluso en los bosques ecuatoriales, menos estacionales. No todos los árboles se reproducen estacionalmente. Algunos florecen y fructifican dos o más veces cada año, mientras que otros exhiben una fructificación masiva, a intervalos de varios años.

6.6 INVESTIGAR PARA MEJORAR LA PROPAGACIÓN DE LOS ÁRBOLES NATIVOS

Obtener semillas maduras es el primer gran desafío en los proyectos de plantación de árboles, de modo que vale la pena realizar los estudios fenológicos para determinar los cronogramas óptimos de la recolección de semillas, para que el vivero tenga una buena reserva de todas las especies requeridas. Los estudios fenológicos también pueden usarse para predecir la duración del período de latencia, y qué tratamientos pregerminativos son los más probables de romper o prolongar la latencia. Además, permiten la identificación de especies de árboles “clave”: aquellas que florecen y fructifican, en momentos en los que otros recursos de alimento para animales escasean (Gilbert, 1980). Especies de árboles clave, como las higueras (*Ficus* spp.), soportan comunidades enteras de animales polinizadores y dispersores de semillas, de los cuales otras especies de árboles dependen para su reproducción. Son candidatos obvios para ser probados como especies de árboles ‘framework’. También se pueden hacer observaciones de los mecanismos de polinización y dispersión de semillas durante los estudios de fenología. Datos adicionales sobre la fenología del follaje de los árboles son normalmente recolectados al mismo tiempo. Estos datos pueden ayudar a predecir los sitios óptimos de plantación para especies de árboles individuales; por ejemplo, las especies de hoja caduca son más adecuadas para hábitats más secos y las especies siempreverdes para hábitats más húmedos.

Establecer estudios fenológicos

Se trazan senderos fenológicos como parte de la inspección del bosque de acuerdo al procedimiento descrito en **Sección 4.2**. Etiqueta como mínimo cinco individuos de cada especie de árbol que caracterice el tipo de bosque-objetivo. Recolecta especímenes voucher (como se describe previamente) de cada árbol etiquetado y llévalos a un botánico para su identificación. Escribe una breve nota, describiendo dónde se ubica cada árbol en relación con el sendero (por ejemplo, “10 m a la izquierda”; “a la derecha 20 m al lado de una roca protuberante”). Al repetir las observaciones mes a mes, pronto serás capaz de recordar dónde se ubica cada árbol individual.

¿Con qué frecuencia se deben recoger datos?

Los árboles deben ser inspeccionados como mínimo una vez al mes. Aún con observaciones mensuales, se pueden escapar algunos eventos de florecimiento, ya que algunos árboles producen y botan sus flores en un mes. Normalmente, estos eventos de rápida renovación de eventos de florecimiento pueden inferirse cuando los árboles son posteriormente observados fructificando. En estos casos, el conjunto de datos puede ser ajustado durante el proceso para añadir el tiempo ‘estimado’ de un evento de florecimiento. Si se pasan por alto varios eventos de florecimiento, aumenta la frecuencia de recolección de datos a dos veces por mes.

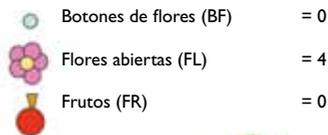
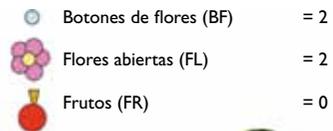
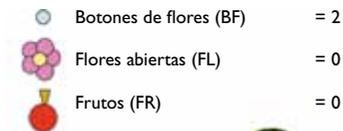
Sistema de puntuación para la fenología

Recomendamos el método de ‘densidad de copa’ para registrar la fenología de los árboles, que originalmente fue ideado por Koelmeyer (1959) y posteriormente modificado en gran parte por varios autores. Este método semi-cuantitativo usa una escala lineal de 0–4, en la que una puntuación de 4 representa la máxima intensidad de las estructuras (botones de flores (BF), flores abiertas (FL) y frutos (FR)) en la copa de un solo árbol. Las puntuaciones de 3, 2 y 1 representan aproximadamente $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ y $\frac{1}{4}$ de la máxima intensidad, respectivamente. La ‘máxima intensidad’ de un evento de florecimiento o fructificación varía entre especies, y un juicio de ello tiende a ser subjetivo primero, pero mejorará con la experiencia.

El mismo enfoque se puede usar para una puntuación del desarrollo del follaje. Para copas de árboles individuales, estima una puntuación de entre 0 y 4 para i) ramas desnudas, ii) hojas jóvenes, iii) hojas maduras y iv) hojas senescentes. La suma de estas cuatro puntuaciones debe siempre equivaler a 4 (que representa la copa entera del árbol). Las puntuaciones para flores + frutos siempre son menos de 4, excepto cuando está ocurriendo el florecimiento o la fructificación a la máxima intensidad típica de la especie que está siendo observada.

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

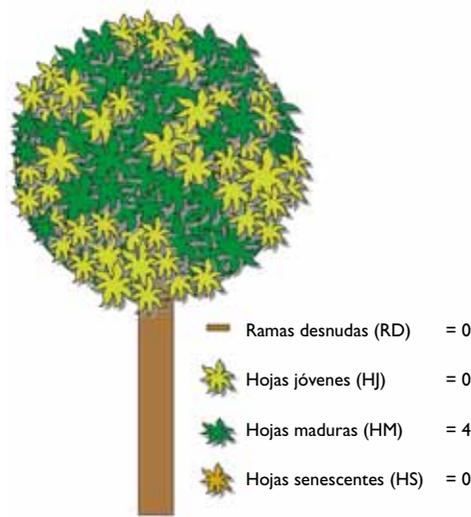
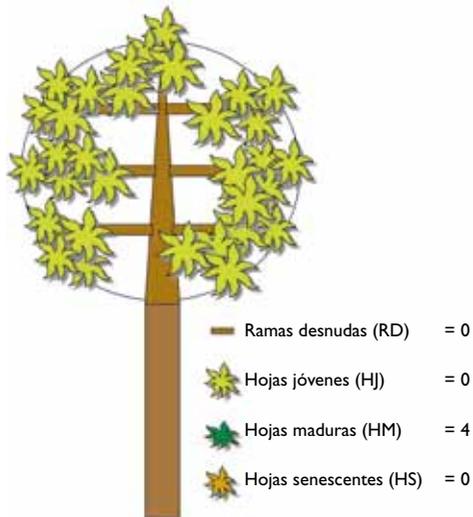
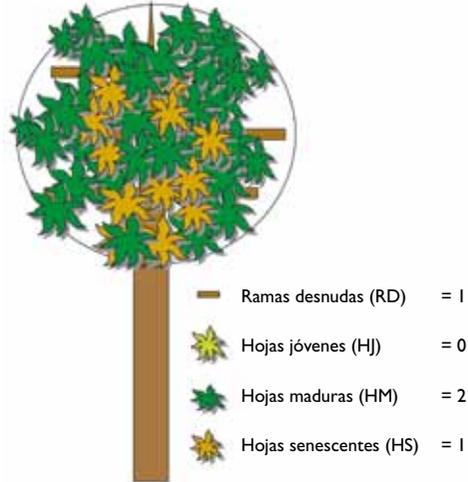
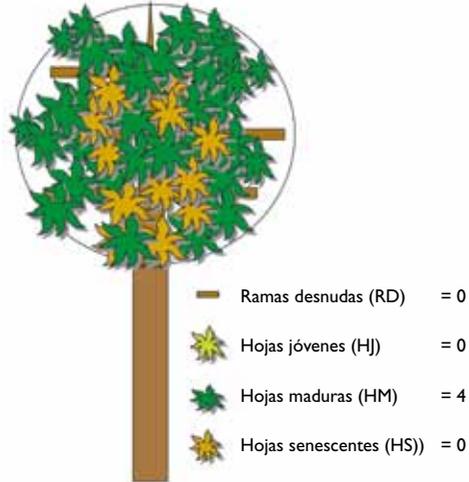
Ejemplos de puntuaciones de fenología para las flores (Diseñado por Khwankhao Sinhaseni.)



El método de densidad de copas es un compromiso entre conteos absolutos de flores y frutos que consumen mucho tiempo (o estimaciones de su biomasa usando trampas de hojarasca) y el método muy rápido de registrar, la simple presencia o ausencia. Es rápido y permite aplicar a los datos técnicas analíticas cuantitativas. Sin embargo, al comienzo de un estudio es importante capacitar a todos los recolectores de datos, para que sean consistentes en sus puntuaciones, minimizando así la subjetividad de la técnica.

6.6 INVESTIGAR PARA MEJORAR LA PROPAGACIÓN DE LOS ÁRBOLES NATIVOS

Ejemplos de puntuaciones fenológicas para las hojas (Diseñado por Khwankhao Sinhaseni.)



Presentar y analizar datos

Las hojas de cálculo de Microsoft Excel son ideales para almacenar y manipular los datos fenológicos. Una vez que los árboles del estudio han sido seleccionados y etiquetados, prepara una hoja de cálculo igual a la que se muestra abajo. Enumera los árboles en el orden en que se encuentran a lo largo del sendero fenológico. En el campo, lleva también las hojas del mes anterior contigo, al igual que hojas en blanco para registrar los datos del mes actual.

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

Mes a mes, acumula todos los datos en una sola hoja de cálculo. Siempre ingresa los nuevos datos en la parte inferior de la hoja de cálculo (en lugar de ingresarlos a la derecha). Después de cada sesión de recolección de datos, pega una copia de la hoja de registro de datos en blanco en la parte inferior de la hoja de cálculo y añade los datos recientemente recogidos.

Para analizar los datos, usa las herramientas de Excel para ordenar los datos primero por 'ESPECIES', luego por 'ETIQUETA', y finalmente por 'FECHA'. Esto ordena los datos cronológicamente, para cada árbol individual de cada especie (ver página siguiente).

Orden en que se encuentran los árboles a lo largo del sendero fenológico

Nombre científico

Puntuación de flores/frutos:-
BF = botones de flores
FL = flores abiertas
FR = frutos
La suma de estas puntuaciones no debe nunca exceder 4, pero puede ser <4

Notas sobre la ubicación de cada árbol. D12 = 12 m a la derecha del sendero. I2 = 2 m a la izquierda del sendero, y así sucesivamente

Fecha de observación

ORDER	LABEL	DATE	S. No.	SPECIES	GBH	FB	FL	FR	BA	YL	ML	SL	LOCATION
1	1667.1	04/01/95	34	DUABANGA GRANDIFLO	102	3.5	0.5		0.5		3	0.5	R 12. LARGE PINNATE LEAVES.
2	1667.2	04/01/95	54	ALSTONIA SCHOLARIS	54		1	3			4		R 18. JUST BEFORE 1667
3	1667	04/01/95	23	SCHIMA WALLICHII	230			4			4		R 1
4	1667.3	04/01/95	34	CASTANOPSIS TRIBULO	24					3	1		R 20. 3 BIG STEMS
5	1668	04/01/95	54	ALSTONIA SCHOLARIS	100				4				R 5 BRANCH NEAR BASE
6	1669	04/01/95	34	DUABANGA GRANDIFLO	288				1		2	0.5	L 4. BRANCHING V NEAR BASE
7	1670	04/01/95	56	EURYA NITIDA	54						3.5	0.5	R 4
8	1671	04/01/95	67	CINNAMOMUM INERS	85						3.5	0.5	L 0
9	1672	04/01/95	34	DUABANGA GRANDIFLO	150			4			4		JUST BEHIND 1671
10	1673	04/01/95	54	DIOSPYROS GLANDULO	70				0.5		3.5		R 2
11	1674	04/01/95	56	EURYA NITIDA	53					0.5	3	0.5	L 2. FORWARD 35M
12	1675	04/01/95	43	WENDLANDIA PANICULA	95				1	1.5	1	0.5	L 0
13	1676	04/01/95	32	SAPIUM BACCATUM	166								L 6
14	1677	04/01/95	21	PHYLLANTHUS KERRII	25				0.5	1	2.5		L 0
15	1678	04/01/95	98	STEREOSPERMUM COL	160				1		2	1	R 2
16	1679	04/01/95	23	SCHIMA WALLICHII	150			4			3.5	0.5	R 2
17	1680	04/01/95	97	CASTANOPSIS DIVERSIF	65			0.5			2.5	1.5	R 2. 3 STEMS
18	1681	04/01/95	23	SCHIMA WALLICHII	77					1	2.5	0.5	L 0
19	1682	04/01/95	56	EURYA NITIDA	43				0.5	0.5			R 3. 2 STEMS
20	1682.1	04/01/95	23	SCHIMA WALLICHII	24				1				R 20

Número de especie

Perímetro a la altura del pecho (cm)

Número de identificación en la etiqueta fijada a cada árbol individual

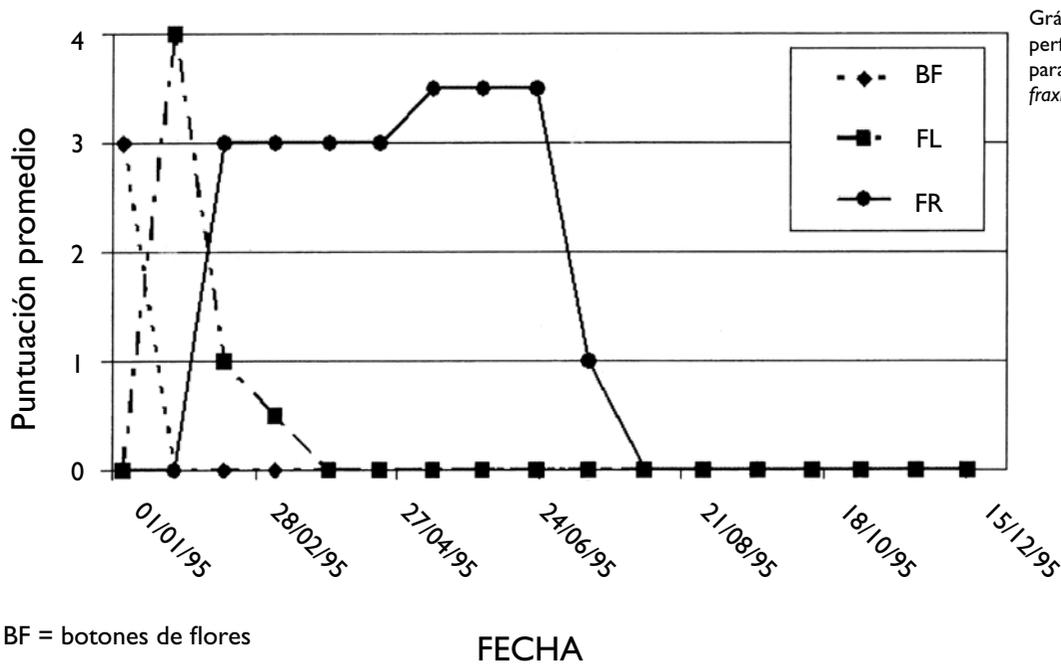
Puntuación de follaje:-
RD = ramas desnudas
HJ = hojas jóvenes
HM = hojas maduras
HS = hojas senescentes
La suma de estas puntuaciones nunca debe exceder 4

Luego usa el asistente gráfico de MS Excel para construir un perfil fenológico visual como el que se muestra en la página opuesta. Empieza haciendo un perfil para cada especie individual de árbol. Esto te dará una idea de la variabilidad en el comportamiento fenológico dentro de cada población de las especies y te permitirá evaluar la sincronía de los eventos fenológicos. Sólo entonces, calcula los valores medios de las puntuaciones a través de todos los individuos dentro de la población de cada especie y forma un perfil 'promedio' para

6.6 INVESTIGAR PARA MEJORAR LA PROPAGACIÓN DE LOS ÁRBOLES NATIVOS

ORDER	LABEL	DATE	S. No.	SPECIES	GBH	FB	FL	FT	BA	YL	ML	SL	LOCATION -
272	296	05/01/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	3	0	0	1.5		1.5	1	L 4, OPP.297
272	296	26/01/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	4	0	3	1			L 4, OPP.297
272	296	15/02/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	1	3	1.5	2.5			L 4, OPP.297
272	296	08/03/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0.5	3			4		L 4, OPP.297
272	296	30/03/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	3			4		L 4, OPP.297
272	296	20/04/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	3			4		L 4, OPP.297
272	296	12/05/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	3.5			4		L 4, OPP.297
272	296	01/06/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	3.5			4		L 4, OPP.297
272	296	23/06/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	3.5			4		L 4, OPP.297
272	296	14/07/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	1			4		L 4, OPP.297
272	296	06/08/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	0			4		L 4, OPP.297
272	296	30/08/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	0			4		L 4, OPP.297
272	296	21/09/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	0			4		L 4, OPP.297
272	296	13/10/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	0			4		L 4, OPP.297
272	296	02/11/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	0			4		L 4, OPP.297
272	296	25/11/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	0			4		L 4, OPP.297
272	296	16/12/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	222	0	0	0			4		L 4, OPP.297
329	464	05/01/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	575						4		EG 10/5
329	464	26/01/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	575	3	0	0	2.5		1.5		EG 10/5
329	464	15/02/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	575	3.5	0.5	0	3.5	0.5			EG 10/5
329	464	08/03/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	575	0	0	2	1.5	2	0.5		EG 10/5
329	464	30/03/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	575	0	0	0.5		3	1		EG 10/5
329	464	20/04/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	575	0	0	0			4		EG 10/5
329	464	12/05/95	34	ACROCARPUS FRAXINIFOLIUS	575	0	0	0			4		EG 10/5

cada especie. Al analizar los datos de las flores o frutos, el punto más importante que hay que buscar es el período durante el que las puntuaciones de frutos para cada especie disminuyen. Esto indica el mes óptimo para la recolecta de semillas para ese año, cuando suele ocurrir la dispersión natural de las semillas. Por ejemplo, el gráfico abajo muestra que el tiempo óptimo para la recolección de semillas *Acrocarpus fraxinifolius* es finales de junio, cuando sucede la dispersión máxima de semillas. El período de maduración del fruto/semilla es de febrero a junio.



BF = botones de flores

FL = flores abiertas

FR = frutos

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

Después de haber estudiado la fenología durante algunos años, se pueden calcular varios índices útiles, extrayendo datos de las hojas de cálculo (Elliott *et al.*, 1994).

- **Duración** – la duración media de los episodios de florecimiento y fructificación (en semanas o meses) para cada árbol individual y el promedio resultante a través de todos los árboles de los que se han tomado muestras en una especie.
- **Frecuencia** – el número total de episodios de florecimiento y fructificación registrados para cada árbol individual, dividido por el número de años en que se viene realizando el estudio: luego el promedio resultante a través de todos los individuales de la misma especie.
- **Intensidad** – puntuaciones máximas medias de flores o frutos (para cada episodio de florecimiento-fructificación) registrado de cada árbol, individual: luego el promedio resultante de todos los individuos florecientes-fructificados en la especie muestreada.
- **Prevalencia** – número de árboles individuales que han florecido y fructificado cada año, expresado como porcentaje del número total de árboles individuales en cada muestra de la especie, luego el promedio resultante de la duración total del estudio (en años).
- **Índice de conjunto de frutos** – de cada episodio de florecimiento-fructificación, la puntuación máxima de frutos observada expresada como porcentaje de la puntuación máxima de flores: el promedio resultante de todos los episodios de florecimiento-fructificación de todos los individuos en la muestra de la especie.

Bandejas de germinación

No arriesgues tu vida por recolectar algunas semillas. Si tienes que trepar árboles, usa un arnés de seguridad.

Los estudios fenológicos proporcionan oportunidades ideales para coleccionar semillas para pruebas de germinación, pero recuerda que se pueden recolectar semillas de cualquier árbol que lleva frutos maduros, incluso si no están incluidos en los estudios de fenología. Recolecta los frutos cuando estén completamente maduros pero justo antes de que sean dispersados o consumidos por animales. Provee con una etiqueta cada árbol semillero con un número único y llena una hoja de datos de recolección de semillas. Si tienes a disposición un GPS, registra la localidad de cada árbol.



6.6 INVESTIGAR PARA MEJORAR LA PROPAGACIÓN DE LOS ÁRBOLES NATIVOS

Fecha de recolección: 20/03/2005			Núm. Especies: 071			Núm. Lote: 1		
HOJA DE DATOS DE RECOLECCIÓN DE SEMILLAS								
Familia: Rosaceae			Nombre botánico: <i>Cerasus cerasoides</i> (Buch.-Ham. ex D. Don) S.Y. Sokolov					
Nombre común: Nang Praya Sua Klong								
Localidad: Parque Nacional de Doi Suthep-Pui, al lado de la carretera a la altura de la plantación de <i>Cinchona</i>								
Ubicación GPS: 18 48 23.37 N; 98 54 44.76 E			Altitud: 1,040 m					
Tipo de bosque: Bosque primario siempre-verde, área al lado de la carretera perturbada, base de roca de granito								
Recolectado desde:			<input checked="" type="checkbox"/> suelo			<input checked="" type="checkbox"/> árbol		
Etiqueta árbol núm.: 71.1			Perímetro del árbol: 88 cm			Altura del árbol: 6 m		
Recolector: S. Kopachon			Fecha de siembra: 20/03/2005					
Notas: Los bulbules se estaban comiendo los frutos								
<input checked="" type="checkbox"/> Recolección de espécimen voucher? 								
HERBARIO, DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA, UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE RESTAURACIÓN DE BOSQUES, UNIVERSIDAD DE CHIANG MAI, VOUCHER								
<i>NOTA: todos los datos son día/mes/año</i>								
FAMILIA: Rosaceae								
NOMBRE BOTÁNICO: <i>Cerasus cerasoides</i> (Buch.-Ham. ex D. Don) S.Y. Sokolov								
PROVINCIA: Chiang Mai					FECHA: 20/03/2005			
DISTRITO: Suthep					ELEVACIÓN: 1,040 m			
LOCALIZACIÓN: Parque Nacional de Doi Suthep-Pui, al lado de la carretera a la altura de la plantación de <i>Cinchona</i>								
HÁBITAT: bosque primario siempre-verde, área al lado de la carretera perturbada, base de roca de granito								
NOTA: <i>Altura</i> 6 m; <i>DAP</i> 28 cm								
<i>Corteza:</i> lenticelada, pelándose, marrón oscuro								
<i>Fruto:</i> 14 mm × 6 mm, pericarpio jugoso, rojo vivo								
<i>Semilla:</i> hueso pireno, aprox. 7–10 mm de diámetro, marrón claro, contiene 1 semilla								
<i>Hoja:</i> limbos verdes en parte superior, verde claro en el inferior								
RECOLECTOR: S. Kopachon			NÚMERO: E071			DUPLICADOS: 5		

Las pruebas de germinación pueden responder a preguntas básicas: i) ¿cuántas semillas germinan? (germinación por ciento) y ii) ¿cuánto tardan en germinar las semillas?. Ambos parámetros se pueden usar e incluso manipular cuando se planifica el crecimiento de una cantidad suficiente de árboles jóvenes para un tiempo específico de plantación.

En bosques tropicales estacionalmente secos, las semillas de la mayoría de especies de árboles tienden a germinar al comienzo de la estación de lluvia (Garwood, 1983; FORRU, 2006). Las semillas que son producidas poco antes de la estación de lluvia tienen normalmente un período de latencia corto; mientras que las que son producidas antes tienen un período de latencia más largo. En el caso de los primeros, los árboles jóvenes van a ser demasiado pequeños para plantar en la primera temporada de plantación, de modo que puede ser necesario retardar la germinación, almacenando las semillas como se describe en la **Sección 6.2** para prevenir que los árboles jóvenes crezcan fuera de sus contenedores antes de la segunda temporada de plantación. Por otro lado, podría ser necesario romper la latencia y acelerar la germinación de las semillas que son producidas mucho antes de la temporada de plantación, para así producir un cultivo de árboles jóvenes que estén listos para ser plantados en menos de 1 año. El fracaso de romper la latencia de estas semillas podría significar que las plantas deban ser mantenidas en el vivero durante 18 meses o más.

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

El objetivo de una prueba de germinación no es para probar la germinación que ocurriría en la naturaleza, sino para determinar las tasas y períodos de germinación bajo las condiciones del vivero. De ahí que las semillas deban ser preparadas usando el protocolo estándar (ver **Sección 6.2**): se debe remover la pulpa de los frutos, las semillas deben ser secadas al aire y las semillas no viables deben ser identificadas por la prueba de flotación y removidas.

Probando tratamientos para superar la latencia

Para acelerar o maximizar la germinación, los tratamientos de semillas deben superar cualquier mecanismo de latencia que estuviera presente (ver **Cuadro 6.2**). Los mecanismos de latencia más comunes involucran las cubiertas de las semillas; los tratamientos que perforan estas cubiertas (escarificación) son muchas veces eficaces, ya que permiten que al agua y el oxígeno se difundan al embrión. Usa papel lija para resquebrajar toda la superficie de la semilla o un cortauñas para hacer pequeños huecos individuales en el extremo de la semilla opuesto a donde yace el embrión. Trata de abrir cuidadosamente los pirenos grandes, que están cubiertos con un duro endocarpio huesudo o leñoso, con un cascanueces o un martillo. Raspar el suave arilo, si estuviera presente, casi siempre incrementa la germinación.



Trata de romper las semillas grandes y duras cuidadosamente con un cascanueces.

También se puede probar con ácido como agente escarificador para romper las cubiertas de semillas impermeables. Remoja las semillas en ácido sulfúrico concentrado durante unos minutos y hasta varias horas (dependiendo del tamaño de la semilla y del grosor de su cubierta). Tendrás que experimentar con el tiempo requerido. Este tratamiento es normalmente eficaz con semillas de leguminosas. Obviamente, los ácidos son sustancias peligrosas y deben ser tratados con cuidado, según las medidas de seguridad recomendadas por el fabricante. Si se sospecha una latencia física (es decir, si el desarrollo del embrión está restringido por una cubierta dura pero permeable), el ácido podría penetrar rápidamente y matar al embrión, de modo que el tratamiento con ácido no es recomendado para este tipo de semillas. Tratamientos de congelamiento y calentamiento (particularmente la quema) tampoco se recomiendan para las especies de

árboles tropicales. Si la latencia es causada por inhibidores químicos, experimenta enjuagando las semillas en agua por períodos de variada duración para disolver los inhibidores químicos. Otra opción que vale la pena investigar, es recolectar las semillas en diferentes momentos del año, del mismo árbol o de otros individuales de la misma especie. Estos experimentos se pueden usar para determinar el momento óptimo de recolectar semillas.

Trata de diseñar tratamientos que cambien solamente un factor, incluso cuando esto pueda ser difícil de lograr en la práctica. Por ejemplo, poner las semillas en agua caliente tiene dos efectos simultáneos, es decir, remojo y calentamiento.

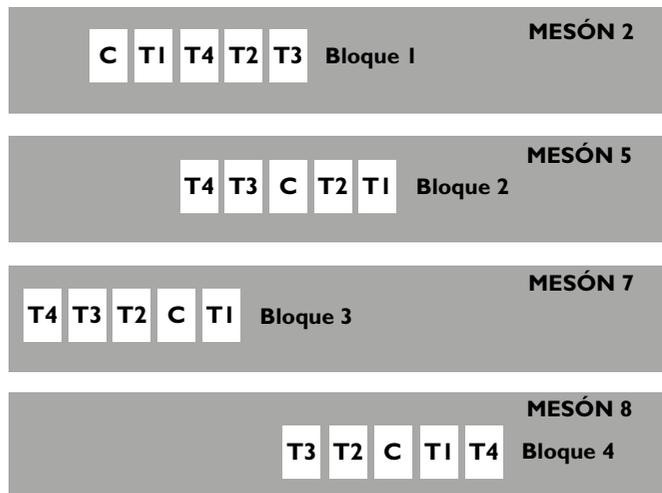
Diseño experimental para bandejas de germinación

Usa un diseño de bloques completos al azar (DBCA) como el descrito en el **Apéndice (A2.1)** para probar los efectos del tratamiento. Coloca las bandejas de germinación que contienen las semillas que se han preparado de manera estándar, y las bandejas de varios tratamientos, cada una conteniendo semillas que han sido sujetas a un tratamiento pregerminativo diferente, adyacentes los unos a los otros encima de un mesón del vivero como “bloque” (es decir, con el mismo número de semillas sujetas a cada uno de los tratamientos y en la bandeja de control).

6.6 INVESTIGAR PARA MEJORAR LA PROPAGACIÓN DE LOS ÁRBOLES NATIVOS

Asigna las posiciones de las réplicas de control y tratamiento al azar dentro de cada bloque. El diseño típico mostrado aquí tiene cuatro tratamientos (T1–T4) y un control (C), replicado en cuatro bloques. Usando un mínimo de 25 semillas por réplica, este diseño requiere 125 semillas por bloque o 500 semillas en total. Si no tienes suficientes semillas, entonces reduce el número de tratamientos probados, pero trata de mantener el número de las réplicas por encima de tres. Si tienes suficientes semillas, entonces aumenta el número de semillas por réplica de 50–100 (lo cual requeriría 1000–2000 semillas, respectivamente, para todo el experimento).

Llena las bandejas modulares de germinación con el medio regular usado en el vivero. Luego, siembra una sola semilla en cada módulo. No entierres las semillas demasiado, pues sería difícil observar cuándo germina cada semilla. Fija claramente una etiqueta en las bandejas con el número de la especie y el tratamiento aplicado, si fuera necesario, cubre las bandejas con una malla metálica para prevenir que los animales interfieran con los experimentos.



Estableciendo un bloque de un experimento de germinación (DBCA) en Camboya.



CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

Recolectar datos en pruebas de germinación

Prepara una hoja de datos de germinación de semillas como el que está ilustrado aquí. Inspecciona las bandejas de germinación al menos una vez por semana. Durante los períodos de germinación muy rápida, podría ser necesario una recolección de datos más frecuente. Para cada semilla que haya germinado (ver la definición en el **Cuadro 6.2**), usa un corrector líquido ('Liquid Paper') para colocar un punto impermeable en el borde del módulo, siempre en la misma orientación (por ejemplo, siempre en la parte superior del borde del módulo). Cuenta el número total de puntos blancos y registra el resultado en la hoja de datos. Los puntos blancos indican todas esas células en las que ha germinado una semilla, incluso si la plántula muere o desaparece posteriormente. Por ello, contar los puntos blancos nos da una mejor evaluación de la germinación que contar los números de plántulas visibles.

La mortandad temprana de plántulas (es decir, la muerte que ocurre después de la germinación, pero antes de que las plántulas crezcan a un tamaño suficiente para el repique), también es un parámetro útil al calcular los números de árboles que pueden ser generados de un número dado de semillas recolectadas. Para registrar la mortandad temprana, cuenta el número de módulos con puntos blancos que no contengan una plántula visible o que estén obviamente muertas. Como aseguramiento adicional, dibuja diagramas de cada bandeja modular, con un cuadrado representando cada módulo. Luego registra en cada cuadrado la fecha en la que se ha observado por primera vez la germinación o la muerte de una plántula.

Número de especie: 133 Número de lote: 10

HOJA DE GERMINACIÓN DE SEMILLAS Y RECOLECCIÓN DE DATOS

Nombre de especie: *Azelia xylocarpa* (Kurz) Craib Familia: Leguminosae

Fecha de recolección de semillas: 20/8/2010 Fecha de siembra de semillas: 24/11/2010

Número de semillas sembradas por réplica: 24

Descripción de los procedimientos de preparación estándar aplicados a todas las semillas:

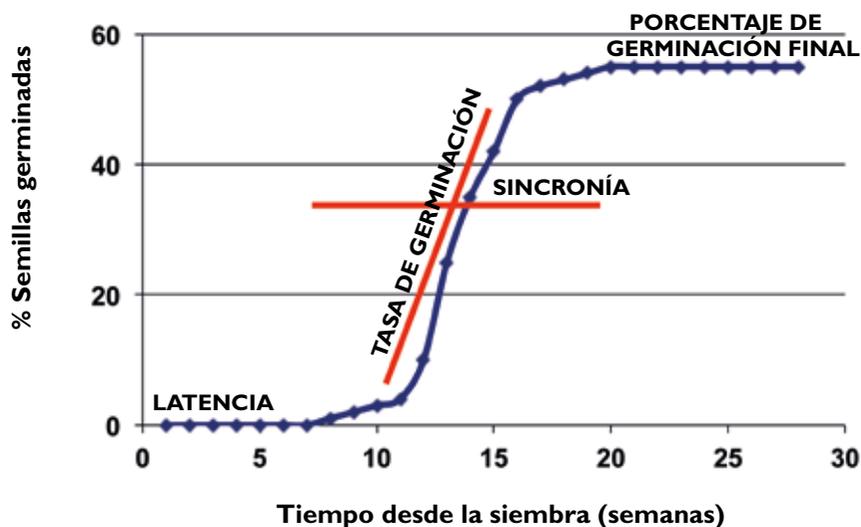
DESCRIPCIÓN DE TRATAMIENTOS	
T1	Control
T2	Escarificación
T3	Remojado en agua por 1 noche

Fecha	BLOQUE 1						BLOQUE 2						BLOQUE 3						Total de germinados	Total de muertos
	T1R1	T2R1	T3R1	T1R2	T2R2	T3R2	T1R3	T2R3	T3R3	G	GM	G	GM	G	GM	G	GM			
1/12/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8/12/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15/12/2010	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
22/12/2010	0	0	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0
29/12/2010	0	0	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0
5/1/2011	0	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0
12/1/2011	0	0	9	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	5	0	0	0	17	0
19/1/2011	0	0	12	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	6	0	0	0	23	0
26/1/2011	0	0	17	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7	0	0	0	31	1
2/2/2011	0	0	17	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7	0	0	0	31	1
9/2/2011	0	0	19	1	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	9	0	0	0	36	1
16/2/2011	0	0	22	1	0	0	0	0	12	1	0	0	0	0	9	0	0	0	43	2
23/2/2011	0	0	22	2	0	0	0	0	15	1	0	0	0	0	11	0	0	0	48	3
2/3/2011	0	0	22	2	0	0	0	0	17	1	0	0	0	0	15	1	0	0	54	4
9/3/2011	0	0	22	2	0	0	0	0	17	1	0	0	0	0	19	1	0	0	58	4

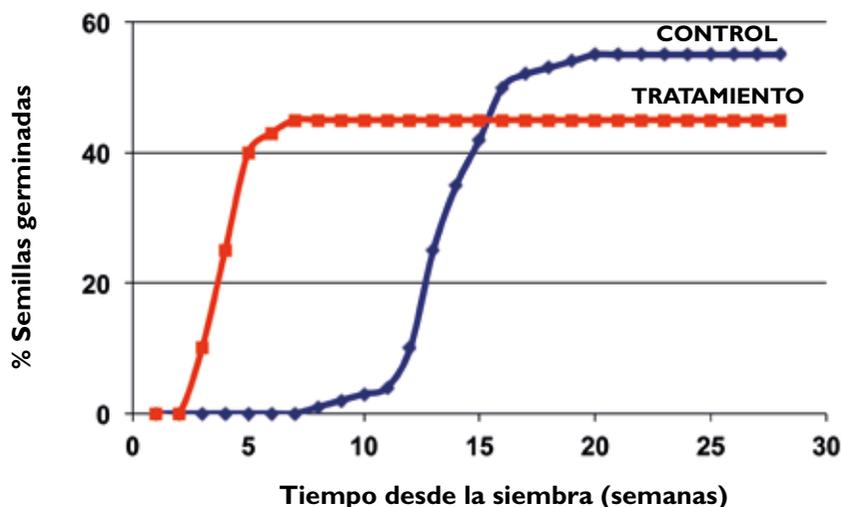
6.6 INVESTIGAR PARA MEJORAR LA PROPAGACIÓN DE LOS ÁRBOLES NATIVOS

Curvas de germinación

Una de las maneras más simples y claras de representar el resultado de las pruebas de germinación es la curva de germinación, con el tiempo transcurrido desde la siembra en el eje horizontal y el número acumulativo (o porcentaje) de las semillas germinadas (combinado a través de las réplicas) en el eje vertical. La curva de germinación combina en un solo gráfico todos los parámetros, incluyendo la duración de la latencia, las tasas y sincronía de la germinación, y el porcentaje final de germinación.



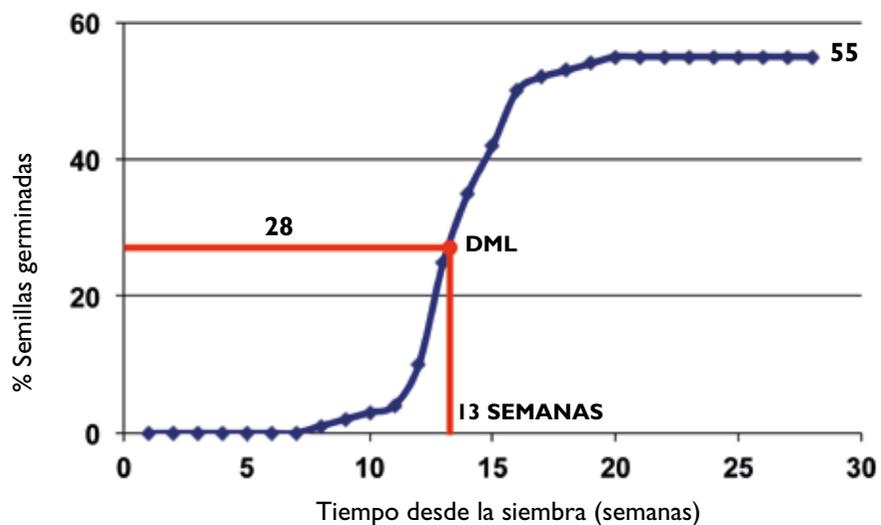
Las curvas de germinación pueden informar la toma de decisiones, sin tener que hacer pruebas estadísticas complejas. En el ejemplo ilustrado, el tratamiento pregerminativo acelera la germinación pero reduce el número de semillas que germinan. Hacer que las semillas germinen más rápido puede significar la diferencia, entre lograr un cultivo de árboles jóvenes que estén listos para plantar en la primera estación de lluvia después de la recolecta de semillas, y tener que mantener a los árboles jóvenes en el vivero hasta la segunda estación de lluvia, después de la recolecta de semillas. De manera que, incluso si el tratamiento reduce el número de semillas que germinan, puede tener resultados benéficos.



Medir la latencia

La duración del período de latencia se define como el número de días entre la siembra de una semilla y la emergencia de la radícula (la raíz embrionaria o la plúmula si la radícula no se puede ver). En cualquier lote de semillas, esta duración varía entre las semillas. Una manera de expresar la latencia de un lote de semillas es usar los números de días que cada semilla individual está latente y luego dividir el total por el número de semillas que germinan. Este es la latencia promedio. Con cualquier lote de semillas, sin embargo, siempre algunas semillas toman un tiempo excepcionalmente largo para germinar. Esto incrementa la latencia promedio desproporcionadamente y puede llevar a resultados engañosos. Por ejemplo, si germinan 9 semillas 50 días después de haber sido sembradas y una semilla germina 300 días después de sembrada, la latencia promedio es $((9 \times 50) + 300) / 10 = 75$ días. Incluso si la germinación estaba completa para el 90% de las semillas el día 50, una sola semilla aislada incrementó la latencia promedio en un 50%.

La duración mediana de la latencia (DML) supera este problema, definiendo la latencia como la duración entre la siembra y la germinación de la mitad de las semillas que finalmente germinan. En el ejemplo arriba, la DML sería el tiempo entre la siembra y la germinación de la 5ª semilla, es decir, 50 días.



Comparar tratamientos de germinación

Para cada tratamiento y su control, suma el número final de semillas que germinan de todos los bloques replicados y divide el resultado por el número de bloques para calcular el valor medio y luego repite el cálculo para los valores de la DML. Luego usa un análisis de varianza (ANOVA) (ver **Apéndice A2.2**) para probar las diferencias significativas entre los valores medios (es decir, entre los tratamientos de control). Si el ANOVA muestra diferencias significativas, entonces haz comparaciones entre cada valor medio de tratamiento y de control, para determinar qué tratamiento aumenta o disminuye la germinación y/o la latencia (ver **Apéndice A2.3**).

Experimentar con el almacenamiento de semillas

Si quieres experimentar con el almacenamiento de semillas, trata primero de confirmar con la literatura si la especie con la que quieres trabajar tiene semillas ortodoxas, intermedias o recalcitrantes (ver **Sección 6.2** y <http://data.kew.org/sid/search.html>). El almacenamiento de semillas es útil para aquellas especies de árboles con semillas ortodoxas cuyos árboles jóvenes crecerían de otra manera rápidamente, alcanzando un tamaño plantable mucho antes del tiempo óptimo de plantación. Atender a estas plantas por un tiempo más largo del necesario es un desperdicio del espacio y los recursos del vivero. Además, podarlos se convierte en un trabajo adicional cuando las plantas empiezan a crecer fuera de sus contenedores, y algunas especies no responden bien a la poda.

Para especies como éstas, usa los registros de plántulas previamente germinadas para calcular cuántos meses se requieren para que los árboles jóvenes crezcan a un tamaño plantable. Haz una cuenta regresiva del número de meses desde el tiempo óptimo de plantación para obtener la fecha óptima de la siembra de las semillas. Luego, cuenta hacia adelante desde el mes de fructificación hasta la fecha óptima de siembra, para obtener la duración de almacenamiento de las semillas necesaria para optimizar la producción del vivero. Realiza pruebas de germinación con algunas semillas inmediatamente después de la recolecta, para determinar su viabilidad original (esto es el 'control'). Luego, almacena el resto de las semillas por el tiempo calculado requerido. Muestra las semillas en intervalos para monitorear cualquier cambio en la viabilidad. Si hay suficientes semillas, experimenta con diferentes condiciones de almacenamiento (por ejemplo, seca las semillas a diferentes contenidos de humedad o varía la temperatura de almacenamiento). Luego, ejecuta pruebas de germinación para determinar si la viabilidad disminuye cuando las semillas son almacenadas durante el tiempo requerido.

Para la siembra directa, ejecuta pruebas de germinación con una muestra de semillas inmediatamente después de la recolecta. Luego, almacena el resto de las semillas por el tiempo requerido (desde la recolecta de las semillas hasta la fecha óptima de la siembra directa). Remueve las semillas del almacenamiento y siembra algunas muestras en el vivero y en el campo. Compara la germinación entre estos dos grupos y con la muestra de semillas probada justo después de la recolecta.

Para las especies que fracasan en fructificar cada año, experimenta almacenando las semillas durante 1 año o más para determinar si las semillas que han sido recolectadas en años de fructificación, se pueden almacenar para producir plántulas en los años que no fructifican. Experimentos similares son útiles para la distribución de semillas a otras localidades o si las semillas son recolectadas en otro lugar para suplementar un programa de plantación (ver **Cuadro 6.1**).

Al realizar experimentos de almacenamiento, también se pueden probar los tratamientos pregerminativos, pero para una comparación válida, aplica los mismos tratamientos tanto al lote de control (sembrado inmediatamente después de la recolecta) como a los lotes almacenados.



Crecimiento y supervivencia de las plántulas

El monitoreo del desempeño de las especies de árboles en viveros, permite calcular el tiempo necesario para producir árboles de cada especie seleccionada a tamaños plantables para la fecha de la plantación. También permite evaluar la susceptibilidad de cada especie a plagas y enfermedades, y la detección de otros problemas de salud; por ello, también provee un mecanismo de control.

Comparando los tratamientos de especies

Las especies de árboles que crecen bien en los viveros, normalmente se desempeñan bien en el campo. De modo que uno de los experimentos de vivero más útiles, es comparar la supervivencia y el crecimiento entre las especies. Adopta un método estándar de producción para todas las especies y usa un diseño experimental DBCA (ver **Apéndice A2.1**) para comparar el comportamiento entre las especies. En este caso, no hay réplicas de 'control' y 'tratamiento'. Un 'bloque' consiste en una réplica (no menos de 15 contenedores) de cada especie.

Posteriormente, se pueden realizar experimentos adicionales para desarrollar métodos de producción más eficientes para especies seleccionadas de gran actuación. Éstos deben probar diferentes técnicas para manipular las tasas de crecimiento, para poder producir árboles jóvenes que alcancen un tamaño adecuado para el momento del endurecimiento y la plantación. Hay muchos factores que afectan el crecimiento de las plantas; la cantidad de tratamientos potenciales es abrumadora. El plan es empezar con los tratamientos más simples y obvios, tales como diferentes tipos de contenedores, composición de sustrato de trasplante y regímenes de fertilizantes, y prueba los otros (por ejemplo, poda, inoculación con hongos micorrizas) en otro momento si fuera necesario.

Los beneficios de cada tratamiento deben ser sopesados en relación con sus costos y viabilidad. De manera que es importante para registrar los costos de la aplicación de cada tratamiento. La cuestión principal abordada aquí es si mejorar o no la calidad del material de plantación del vivero últimamente, resulta en una supervivencia y crecimiento incrementada de los árboles y plantas en el campo. De manera que también es útil etiquetar los árboles que hayan sido sujetos a diferentes tratamientos y continuar monitoreándolos después de que hayan sido plantados en el campo.

Factores que podrían influenciar la supervivencia y el crecimiento de las plántulas

Tipo de contenedor

Los experimentos deben realizarse para probar qué tipo de contenedor es el más económico para la especie que se está produciendo. Empieza con un tipo de contenedor estándar, como las bolsas de plástico, y lleva a cabo experimentos simples con diferentes tamaños de bolsas, para determinar los efectos del volumen de los contenedores en el tamaño y la calidad de los árboles producidos al momento de ser plantados. Luego, compara las bolsas de plástico con otros tipos de contenedores que ejercen más control sobre la forma de la raíz (con o sin la poda por medio del aire), tales como tubos o células rígidos de plástico (ver **Sección 6.4**).

Régimen de mezclas y fertilizantes

Empieza con una mezcla de trasplante estándar (ver **Sección 6.4**) y luego experimenta con variaciones de su composición, usando diferentes formas de materias orgánicas (por ejemplo, cáscara de coco o de maní) o añadiendo materiales ricos en nutrientes como estiércol de ganado. Para especies de crecimiento lento, trata de acelerar el crecimiento, experimentando con diferentes tratamientos de fertilizantes (tipo, dosis y frecuencia de la aplicación del fertilizante).

Poda

Si los árboles empiezan a crecer fuera de sus contenedores antes del tiempo de la plantación en el campo, experimenta con tratamientos de poda de brotes. Las especies de árboles varían en sus reacciones a la poda de brotes. Algunas se mueren al ser podadas, mientras otras se ramifican, produciendo una copa más densa que permite sombrear las malezas más rápidamente, después de haber sido plantadas afuera. Compara diferentes intensidades, cronometrajes y frecuencias de la poda. Adicionalmente a los datos de crecimiento y muerte, registra también la forma de las plantas durante los experimentos de poda.

Los árboles jóvenes que tienen un sistema de raíces denso fibroso son más capaces de suministrar agua a sus brotes. Por ello, una alta relación raíz:brote mejora las posibilidades de supervivencia después de ser plantados. Las raíces grandes y leñosas son las más resistentes

6.6 INVESTIGAR PARA MEJORAR LA PROPAGACIÓN DE LOS ÁRBOLES NATIVOS

a la desecación, pero deben tener una red densa de raíces jóvenes y finas para una absorción eficiente de agua. Experimenta con diferentes cronogramas de poda. Al final de estos experimentos, sacrifica unas cuantas plantas para el registro de la forma de las raíces y la relación raíz:brote.

Hongos micorrizas

La mayoría de especies tropicales desarrollan relaciones simbióticas con hongos que infectan sus raíces para formar micorrizas. Estas relaciones permiten a los árboles absorber nutrientes y agua, más eficientemente de lo que podría el sistema de raíces del árbol por sí solo (ver **Sección 6.5**). Si se incluye suelo de bosque en el sustrato de trasplante, la mayoría de los árboles jóvenes se infectarán naturalmente con hongos micorrizas (Nandakwang *et al.*, 2008). De modo que, primero inspecciona los árboles jóvenes que están creciendo en el vivero para confirmar la presencia de micorrizas y evalúa la frecuencia de la infección de las raíces.

Para micorrizas arbusculares, i) lava una muestra de raíces finas; ii) trátalas con una solución (10% (p/v) KOH a 121°C durante 15 minutos) para hacer las raíces transparentes; iii) aplica 0.05% azul de tripano en ácido láctico:glicerol:agua (1:1:1 v/v) para teñir las células fúngicas, y finalmente, iv) examina las raíces debajo de un microscopio de disección, para estimar el porcentaje del área infectada. Sigue las medidas de precaución recomendadas para cada químico.

Para las ectomicorrizas, estima el porcentaje de las raíces finas que tienen los característicos extremos hinchados, luego inspecciona las raíces debajo del microscopio para la presencia de hifas fúngicas. Las especies de los hongos micorrizas se identifican examinando sus esporas debajo de un microscopio compuesto. Esto requiere ayuda de especialistas (para técnicas generales del estudio de micorrizas, ver Brundrett *et al.*, 1996).

Si las raíces de los árboles de cualquier especie no son colonizadas por los hongos micorrizas, o colonizados solo escasamente, considera hacer experimentos para evaluar el efecto de una inoculación artificial. Preparados comerciales que contienen mezclas de esporas de hongos micorrizas comunes, podrían estar disponibles para hacer pruebas (pero ten en cuenta que podrían no contener la especie de hongo o cepa particular requerida por la especie de árbol que se está produciendo). Alternativamente, es posible recolectar esporas fúngicas alrededor de las raíces de árboles del bosque y luego cultivarlos en macetas en plantas domésticas de cultivo, como el sorgo. Estas inoculaciones caseras podrían ser más específicas para los árboles que se están produciendo, pero cultivarlos consume tiempo y requiere técnicas especializadas. El éxito de la inoculación es frecuentemente reducido si se aplica fertilizantes a las plantas. De modo que trata de experimentar con varias combinaciones de tratamientos con fertilizantes con la inoculación de hongos micorrizas. Primero, determina si la inoculación artificial puede incrementar las tasas de infección (y por último, el desempeño del árbol) por encima de los que se han logrado naturalmente, incluyendo suelo de bosque en el sustrato de trasplante. Compara el desempeño de los árboles jóvenes crecidos en un sustrato estándar (que incluye suelo de bosque) con aquellos sujetos a fuentes suplementarias de inóculos en varias dosis. Los hongos micorrizas pueden propagarse fácilmente de un contenedor a otro por el agua, o bien por salpicaduras o por el drenaje. De modo que levanta los contenedores del suelo y colócalos encima de una rejilla de metal, y separa las réplicas del tratamiento con un toldo de plástico para prevenir las salpicaduras.

Diseña experimentos para probar el desempeño de los árboles jóvenes

Como con los experimentos de germinación, usa al azar (DBCA); un diseño de bloques completos (DRBC); ver **Apéndice A2.1**) y analiza los resultados usando un ANOVA de clasificación doble, seguido de comparaciones en parejas (Apéndices A2.2 y A2.3). El ejemplo de diseño experimental para las pruebas de germinaciones, se puede usar también para los experimentos de actuación de los árboles jóvenes (sustituyendo 'camas' por 'mesones').

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES

La cantidad de tratamientos que se pueden aplicar y la cantidad posible de réplicas (es decir, la cantidad de bloques), dependen de la cantidad de plántulas que sobrevivan después del trasplante. Decide los tratamientos que se puedan aplicar. Luego, para cada bloque, selecciona un mínimo de 15 plantas (sería mejor si fueran más) para constituir una 'réplica' para cada planta, y lo mismo para el control. Asegúrate de que todos los tratamientos (y el control) estén representados por el mismo número de plantas en todos los bloques. Coloca un bloque, que consista de una réplica de cada tratamiento + control, en una cama diferente en el área de almacenamiento del vivero. Dentro de cada bloque, posiciona aleatoriamente las réplicas.



Experimentos en el crecimiento de las plántulas en Camboya: las réplicas son las 15 plántulas en las bolsas de plástico de 23 cm × 6.5 cm (3 filas de 5 plantas), circundadas por una sola línea de guardia de 20 plantas.

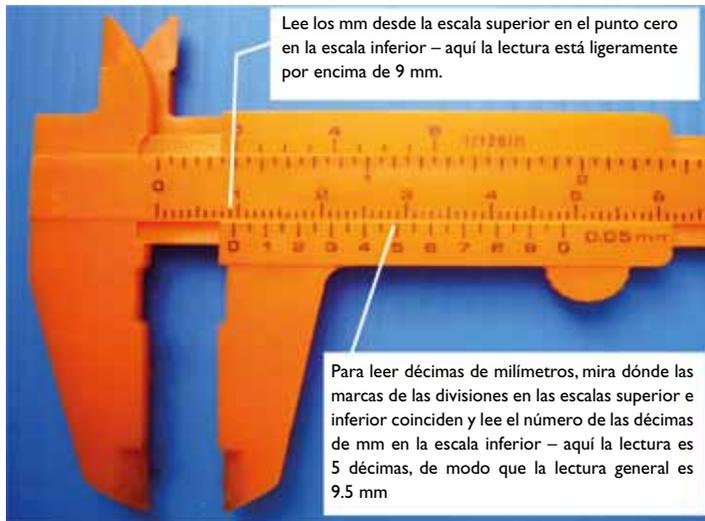
Selecciona plantas uniformes para los experimentos; rechaza las plantas anormalmente altas o bajas y cualquiera que muestre signos de enfermedad o malformación. Las plantas al borde de una réplica, pueden experimentar un medio ambiente diferente a aquellas que estén dentro, porque los tratamientos como el riego o las aplicaciones de fertilizante, podrían 'salpicar' de una réplica a otra. Adicionalmente, las plantas al borde de un bloque no experimentan la competencia de las vecinas de un lado y podrían estar afectadas por gente que, al pasar, se frota contra ellas. Reduce estos 'efectos de borde' rodeando cada réplica con una 'línea de guardia' de plantas que no son evaluadas en el experimento. Un experimento más simple que pruebe cuatro tratamientos + control en cuatro bloques, requeriría un mínimo de $15 \times 5 = 75$ plantas uniformes y sanas en cada bloque, o 300 en total, y las plantas adicionales para hacer la línea de guardia.

Evaluación del crecimiento

Recoge datos inmediatamente después de que el experimento haya sido puesto en marcha (lo antes posible después del trasplante) y a intervalos de aproximadamente 45 días a partir de entonces. La última sesión de recolección de datos, debe ser justo antes de que los árboles sean transportados al lugar de plantación (incluso si esto ocurre antes de que hayan pasado los 45 días después de la sesión previa de recolección de datos).

Mide la altura de cada árbol joven (desde el cuello de las raíces (es decir, el punto donde el brote se encuentra con las raíces) hasta el meristema apical) con una regla. Mide el DCR (es decir, el diámetro del cuello de las raíces) en el punto más ancho con un calibrador Vernier (se puede conseguir en la mayoría de tiendas especializadas). En la marca del cero en la escala deslizable inferior, lee el número de milímetros de diámetro en la escala superior. Para el punto decimal, busca el punto en el que las marcas de división en la escala inferior, están exactamente alineadas con las marcas de división de la escala superior. Luego, obtén el punto decimal en la escala

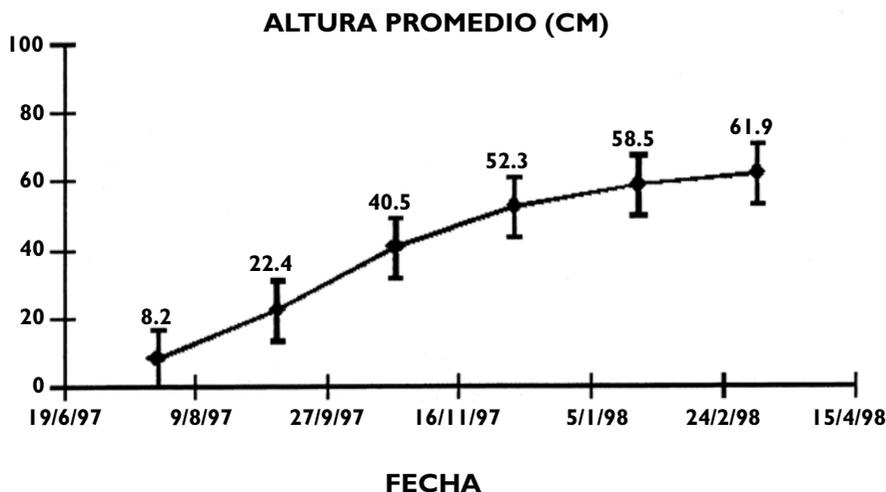
6.6 INVESTIGAR PARA MEJORAR LA PROPAGACIÓN DE LOS ÁRBOLES NATIVOS



inferior. El calibrador Vernier en el ejemplo ilustrado aquí lee 9.5 mm. Como el DCR es un valor pequeño, debe ser medido con gran precisión. Para mejores resultados, mide el DCR dos veces, volteando las escalas en ángulos rectos y luego usa la lectura del promedio.

Usa un sistema simple de puntuación para registrar la supervivencia y la salud de las plantas (0 = muertos; 1 = daño severo o enfermedad; 2 = algún daño o enfermedad, pero por lo demás sanos; 3 = buena salud). También, registra descripciones de cualquier peste y enfermedad que observes, al igual que cualquier signo de deficiencia nutricional. Anota cuando ocurre una caída de hojas, rotura de botón o ramificación y registra cualquier evento climático anormal que podría afectar al experimento.

Determina la relación raíz:brote (masa seca), sacrificando unas pocas plantas al final del experimento. Al mismo tiempo, toma una fotografía de la estructura de sistema de raíces. Remueve las muestras de plantas de sus contenedores y lava el sustrato con cuidado, para no romper las raíces finas. Separa el brote de las raíces a la altura del cuello de las raíces. Sécalos en un horno a 80–100°C. Pesa los brotes y sistemas de raíces secos y calcula el peso de los sistemas de raíces secos, dividido por el peso de los brotes secos para cada muestra de planta.



Los datos de crecimiento de las plántulas de una especie de árbol pionera. Los árboles alcanzan un tamaño adecuado en enero, seis meses antes de su tiempo óptimo de plantación. Por ello, se recomienda el almacenamiento de las semillas para atrasar la germinación, para prevenir el desperdicio de espacio y evitar la necesidad de podar los árboles jóvenes.

Especie: *Cerasus cerasoides*

Núm. de especie: E7ILI

Repicado: 6 junio 1997

BLOQUE: I TRATAMIENTO: NINGUNO (CONTROL)

ALTURA (CM)

FECHA	DÍAS	NÚMERO DE PLÁNTULAS															AVG
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
7/6/97	1	5.0	4.0	3.5	2.0	4.0	3.0	4.0	3.0	3.5	3.0	5.0	4.0	3.0	4.0	4.5	3.7
25/7/97	49	11.0	12.0	8.0	3.0	8.0	5.5	7.5	5.5	6.5	8.5	12.0	9.0	8.5	9.0	9.5	8.2
8/9/97	94	29.0	38.0	23.0	33.0	x	16.0	19.0	17.0	13.0	14.0	35.0	20.0	25.0	16.0	16.0	22.4
23/10/97	139	67.0	67.0	44.0	34.0	x	32.0	35.0	25.0	32.0	29.0	66.0	27.0	50.0	28.0	31.0	40.5
7/12/97	184	70.0	70.0	55.0	34.0	x	52.0	61.0	36.0	48.0	47.0	71.0	38.0	58.0	40.0	52.0	52.3
23/1/98	231	73.0	70.0	57.0	34.0	x	64.0	67.0	41.0	52.5	53.0	80.0	46.0	72.0	43.0	66.0	58.5
9/3/98	276	73.0	70.0	60.0	34.0	x	64.0	67.0	49.0	58.0	54.0	81.0	55.0	73.0	53.0	75.0	61.9

DIÁMETRO DEL CUELLO DE LAS RAÍCES (MM)

FECHA	DÍAS	NÚMERO DE PLÁNTULAS															AVG
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
7/6/97	1	0.5	0.7	0.4	0.8	0.4	0.5	0.6	0.7	0.6	0.7	0.7	0.6	1.0	0.6	0.7	0.6
25/7/97	49	1.4	2.2	1.3	1.1	1.3	1.0	1.5	1.6	1.3	1.2	1.4	1.1	2.1	1.3	1.4	1.4
8/9/97	94	2.8	3.2	2.7	1.4	x	1.5	1.6	3.3	2.7	2.5	2.4	2.5	2.2	2.3	1.4	2.3
23/10/97	139	4.2	4.0	3.0	1.7	x	1.8	2.1	3.3	2.7	2.7	3.6	2.5	3.0	2.3	1.6	2.8
7/12/97	184	4.4	4.0	3.0	2.5	x	2.9	2.9	3.3	2.7	3.0	3.7	3.0	3.0	2.3	3.0	3.1
23/1/98	231	4.4	4.0	4.2	2.5	x	4.5	4.5	3.3	3.2	3.5	4.2	3.0	4.0	2.6	4.5	3.7
9/3/98	276	5.2	6.0	4.2	2.6	x	5.0	5.5	3.6	4.0	4.3	4.6	3.5	4.5	3.0	5.0	4.4

SALUD (0-3)

FECHA	DÍAS	NÚMERO DE PLÁNTULAS															AVG
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
7/6/97	1	2.5	2.5	2.5	1.5	2.0	1.5	3.0	3.0	2.5	3.0	3.0	2.5	2.0	3.0	3.0	2.5
25/7/97	49	3.0	3.0	3.0	2.0	3.0	2.5	3.0	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	2.9
8/9/97	94	3.0	3.0	3.0	2.0	x	2.5	3.0	3.0	2.5	2.5	3.0	3.0	3.0	3.0	2.5	2.8
23/10/97	139	3.0	2.5	3.0	2.5	x	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	1.5	3.0	3.0	2.8
7/12/97	184	3.0	3.0	3.0	3.0	x	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
23/1/98	231	3.0	3.0	3.0	3.0	x	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
9/3/98	276	3.0	3.0	3.0	3.0	x	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0

Cálculos a partir de los datos de crecimiento

Usa una hoja estándar de recolección de datos para cada réplica en cada bloque. Después de cada sesión de recolección de datos, calcula los valores medios (y desviaciones estándar) de cada parámetro medido.

Calcula también las tasas de crecimiento relativo (TCR), removiendo los efectos de las diferencias en los tamaños originales de las plántulas o árboles jóvenes, inmediatamente después del trasplante en el crecimiento posterior. Esto hace posible evaluar los efectos de los tratamientos, a pesar de las diferencias en los tamaños iniciales de las plantas al comienzo del experimento. Las TCR están definidas como la relación del crecimiento de una planta a su tamaño medio a lo largo del período de las medidas, de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\frac{(\ln TF - \ln TI) \times 36,500}{\text{Núm. de días entre las medidas}}$$

donde ln TF = logaritmo natural del tamaño final del árbol joven (ya sea la altura del árbol o la TCR) y ln TI = logaritmo natural del tamaño inicial del árbol joven. Las unidades son por cientos por año.

Analizando los datos de la supervivencia

En cada réplica, cuenta el número de árboles jóvenes que sobreviven hasta el tiempo de la plantación. Luego calcula el valor medio y la desviación estándar para cada tratamiento; repite para el control. Aplica el ANOVA (ver **Apéndice A2.2**) para determinar si hay diferencias significativas en la supervivencia media entre los tratamientos. Si las hubiera, entonces usa comparaciones apareadas (ver **Apéndice A2.3**) entre cada promedio de tratamiento y de control, para identificar cuál de los tratamientos incrementa significativamente la supervivencia. El mismo enfoque se puede usar para hacer comparaciones entre especies.

Analizando los datos del crecimiento

Representa el crecimiento de los árboles jóvenes gráficamente, dibujando una curva de crecimiento que se pueda actualizar después de cada sesión de recolección de datos. Traza el tiempo transcurrido desde el repique (eje horizontal) contra la altura promedio de los árboles jóvenes (o TCR promedio) y el promedio de los bloques, para cada tratamiento (eje vertical). A través de la extrapolación, estas curvas se pueden usar para estimar, aproximadamente, cuánto tiempo tardarán los árboles jóvenes en alcanzar el tamaño óptimo de plantación.

Justo antes del tiempo óptimo de la plantación, calcula el promedio de la altura de los árboles jóvenes y el DCR para cada réplica y saca el promedio de estos valores de todos los bloques para obtener los promedios del tratamiento. Realiza un ANOVA (ver **Apéndice A2.2**) para determinar si hay diferencias significativas en la supervivencia, en promedio entre los tratamientos. Si las hubiera, entonces usa comparaciones apareadas (ver **Apéndice A2.3**) para determinar cuál de los tratamientos, resulta en árboles jóvenes significativamente más grandes que los árboles jóvenes control, en el momento de ser plantados. El DCR y la TCR (tanto para la altura como la DCR) pueden ser analizados de la misma manera.

¿A qué deben apuntar los objetivos?

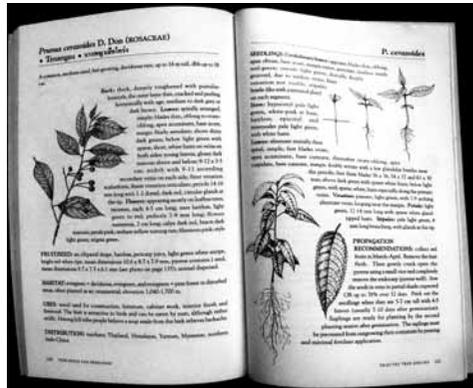
Adopta, como estándar, cualquier tratamiento que contribuya significativamente a lograr los siguientes objetivos al momento de realizar la plantación.

- >80% de supervivencia de los árboles jóvenes desde el repique;
- altura promedio de árboles jóvenes >30 cm para especies pioneras de crecimiento rápido (20 cm para *Ficus* spp.) y >50 cm para especies de árboles clímax de crecimiento lento;
- troncos resistentes, soportando hojas maduras, adaptadas al sol (no hojas pálidas extendidas) ('el cociente de la resistencia' puede ser calculado como la altura (cm)/DCR (mm) de <10);
- una relación raíz:brote de entre 1:1 y 1:2; con un sistema de raíz que crece activa y densamente ramificada que no de vueltas en espiral en la base del contenedor;
- sin señales de pestes, enfermedades o deficiencia nutricional.

Morfología y taxonomía de las plántulas de árboles

Los estudios de regeneración natural de bosques requieren la identificación de plántulas y árboles muy jóvenes, pero esto es notoriamente difícil. Las descripciones de las especies de plantas en floras están basadas principalmente en las estructuras reproductivas. La morfología (particularmente la forma de la hoja) de las plántulas, frecuentemente difiere marcadamente de la del follaje maduro, y los especímenes de las plántulas difícilmente son incluidos en las colecciones de los herbarios. Casi no existen recursos para la identificación de plántulas de árboles de bosques tropicales (pero ver FORRU, 2000). Por ello, los viveros que están produciendo plántulas y árboles jóvenes de edades conocidas, a partir de semillas recolectadas de árboles adecuadamente identificados, proveen un recurso de inmenso valor para estudiar la morfología y taxonomía de las plántulas.

CAPÍTULO 6 PRODUCIR TUS PROPIOS ÁRBOLES



FLORA OF THAILAND HERBARIUM, BIOLOGY DEPARTMENT, CHIANG MAI UNIVERSITY FOREST RESTORATION RESEARCH UNIT, SEEDLING SPECIMEN	
Note: all dates are day/month/year	
FAMILY:	ROSACEAE
TAXONOMICAL NAME:	Prunus cerasoides D. Don
PROVINCE:	Chiang Mai
DISTRICT:	Muang
LOCATION:	Doi Suthep-Pui National Park, National Park Headquarter area, cinchona plantation
HABITAT:	Primary evergreen forest, disturbed roadside area, granite bedrock.
The above data refer to the source tree (voucher collected) from which these seedlings were germinated. Seeds collected 20/03/95 and planted 22/03/95 at the Forest Restoration Research Unit, Doi Suthep-Pui National Park Headquarters, 1050 m above sea level.	
NOTES ON SEEDLING CHARACTERS WHICH CHANGE ON DRYING:	
Epigeal germination. Roots white; hypocotyl and epicotyl red, hairy; cotyledons light green and yellow green, thick; petiole red, hairy; a few glands on leaf base; leaflet blades green.	
COLLECTED BY:	Kitiya Suriya
NUMBER:	so71bi
DUPLICATES:	0

Las plántulas de bosques tropicales permanecen en gran parte sin estudiar. Un vivero de árboles provee una oportunidad única, para recolectar especímenes de plántulas de especies y edades conocidas para publicar sus descripciones.



Trata de recolectar al menos tres especímenes de plántulas o árboles jóvenes, en todas las fases del desarrollo para cada especie producida. Prepáralos como especímenes para el herbario de la manera usual, fijando varios especímenes en orden cronológico en una sola hoja de herbario. En la etiqueta del herbario, registra la edad en días de cada espécimen de plántula o árbol joven, e incluye detalles del árbol parental del que se han recolectado las semillas. Contrata a un artista para crear dibujos botánicos de las plántulas. Publica los dibujos y las descripciones de las plántulas en un manual de identificación.

Experimentos con plántulas silvestres

Producir material de plantación a partir de plántulas silvestres (ver Cuadro 6.4) es ventajoso i) cuando no hay semillas disponibles; ii) cuando la germinación de semillas y/o la supervivencia de las plántulas y el crecimiento son problemáticos o lentos; o iii) cuando la producción del material de plantación debe ser acelerada.

Los experimentos con plántulas silvestres deben abordar tres simples preguntas: i) ¿se puede producir material de plantación de alta calidad a partir de plántulas silvestres más rápida y económicamente que germinando semillas?; ii) ¿se puede manipular el crecimiento de plántulas silvestres en los viveros para lograr plantas del tamaño óptimo en el momento de la plantación?; y iii) ¿las plántulas silvestres se desempeñan tan bien como, o mejor que las plantas germinadas a partir de semillas?.

Todos los tratamientos de plántulas descritos arriba, se pueden aplicar para determinar las condiciones óptimas para que sigan creciendo las plántulas silvestres en los viveros hasta un tamaño plantable. Sin embargo, hay dos tratamientos adicionales específicos para las plántulas silvestres: i) el tamaño al ser recolectados y ii) la poda de brote al ser recolectados.

Las plántulas pequeñas son más delicadas que los árboles jóvenes más grandes y son dañadas más fácilmente durante el trasplante. Por otro lado, las plantas más grandes son más difíciles de desenterrar sin dejar atrás parte de las raíces y por consiguiente pueden sufrir shock de trasplante. Agrupa las plántulas silvestres recolectadas en tres clases de tamaños (bajos,

6.6 INVESTIGAR PARA MEJORAR LA PROPAGACIÓN DE LOS ÁRBOLES NATIVOS

medianos y altos). Éstos entonces se convierten en los 3 'tratamientos' de un experimento DBCA (no hay control). Recoge los datos de crecimiento y supervivencia (en la forma descrita previamente en este libro) y compara el promedio de supervivencia media y la TCR entre las clases de tamaño iniciales.

Al desenterrar las plantas inevitablemente se daña su sistemas de raíces, pero el sistema de brotes permanece intacto, de modo que un sistema reducido de raíces debe suministrar agua a un brote entero. Este desequilibrio puede causar que las plántulas silvestres se marchiten y posiblemente mueran. Podar el brote puede devolver el equilibrio de la relación raíz:brote. Aplica los tratamientos de poda de brote de varias intensidades, al momento de la recolecta (por ejemplo, sin podar (control) y poda $\frac{1}{3}$ o $\frac{1}{2}$ de la longitud del brote o de las hojas). Recoge los datos de crecimiento y supervivencia como se describe arriba, y compara la supervivencia media con la TCR entre los tratamientos de poda.

Continúa monitoreando el desarrollo del material de plantación a partir de plántulas silvestres, después de ser llevadas a plantación (por ejemplo, las tasas de crecimiento y supervivencia) y luego compara los resultados con aquellos árboles producidos a partir de semillas.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE RESTAURACIÓN DE BOSQUE

S. 146 B4

FORRU DATOS DE PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS

1. RECOLECTA

ESPECIE: *Nyssa javonica* (Bl.) Wang

FAMILIA: Cornaceae

CÓDIGO DE ENLACE: NYSSJAVA

VOUCHER NÚM.: 89

FECHA DE RECOLECTA: 11-agosto-06

CANTIDAD: 3,000 SEMILLAS

2. GERMINACIÓN DE SEMILLAS

PRE-TRATAMIENTO: Se remojaron las semillas en agua durante 1 noche, después se secaron 2 días al sol

CANTIDAD SEMBRADA: 2,500 SEMILLAS

SUSTRATO/CONTENEDOR Sólo suelo de bosque, 8 canastas

FECHA DE SIEMBRA 14-agosto-06

NÚMERO GERMINADO 2,059 SEMILLAS

OBSERVACIONES

1^{ra} germinación 26-agosto-06 a 11-sept.-06

Enfermedades de damping off destruyó aprox. el 12% de todas las plántulas germinadas

3. REPIQUE

FECHA DE REPIQUE 3-oct-06

CANTIDAD: 1,500 PLÁNTULAS

SUSTRATO/CONTENEDOR: Suelo de bosque; cáscara de coco: cáscara de maní (2:1:1) en bolsa de plástico

CUIDADO DEVIVERO:

CUIDADO DEVIVERO	1	2	3	4	5
FERTILIZANTE	13/11/06	12/2/07	13/3/07		
PODA (NO)					
DESMALEZAR	13/11/06	13/12/06	13/1/07	13/2/07	13/3/07
CONTROL DE PESTES/ENFERMEDADES	13/1/07	Insectos consumidores de hojas			

OBSERVACIONES

2-3 meses repique frecuente, hubo presencia de hongo rojo y tizón, pero todas las plántulas se ven sanas

4. ENDURECIMIENTO Y DESPACHO

FECHA EN LA QUE EMPEZÓ EL ENDURECIMIENTO 17-mayo-07

FECHA DE DESPACHO 19-jun-07

NÚMERO DE PLANTAS DE BUENA CALIDAD: 1,200 PLÁNTULAS

DONDE SE PLANTARON: MAE SA MAI, LOTE WVA

OBSERVACIONES

Se plantaron 500 plántulas el 30/6/07 en Ban Mae Sa Mai

Usa una simple hoja de datos para recopilar toda la información sobre un lote de semillas, como pasa a través del proceso de producción del vivero, desde la recolección de semillas hasta el transporte de las plántulas o el lugar de restauración.

Programa de producción – el último objetivo de la investigación en viveros

Producir una amplia gama de especies de árboles de bosque es difícil de manejar. Las diferentes especies fructifican en diferentes meses y tienen tasas de germinación y crecimiento de las plántulas que difieren enormemente; sin embargo, todas las especies deben estar listas para la plantación en la temporada óptima. Los cronogramas de producción de especies hacen este abrumador deber de manejo más fácil.

En climas tropicales estacionalmente secos, la ventana de oportunidades de plantación de árboles es estrecha, algunas veces no más de unas cuantas semanas al comienzo de la estación de lluvia. En climas menos estacionales, puede haber más flexibilidad en el tiempo de la plantación de los árboles. En ambos casos, los cronogramas de producción de especies son una excelente herramienta para asegurarse de que la especie requerida de árboles, esté lista para la plantación en el momento preciso.

¿Qué es un cronograma de producción?

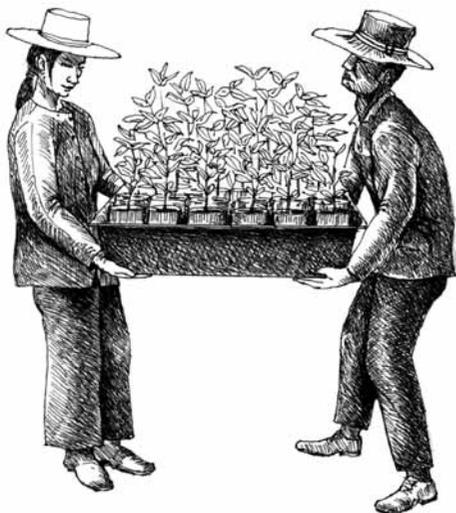
Para cada especie de árbol que se produce, el cronograma de producción es una descripción concisa de procedimientos necesarios para producir material de plantación del tamaño y la calidad óptimos a partir de semillas, plántulas silvestres o esquejes al momento de su plantación. Puede representarse como un diagrama de línea de tiempo comentada, que muestra: i) cuándo debe ejecutarse cada operación y ii) qué tratamientos deben aplicarse para manipular la germinación de las semillas y el crecimiento de los árboles jóvenes.

Información requerida para preparar un cronograma de producción

El cronograma de producción combina todo el conocimiento disponible sobre la ecología reproductiva y el cultivo de las especies. Es la interpretación fundamental de los resultados, a partir de los procedimientos experimentales descritos arriba, incluyendo:

- fecha óptima de colecta de semillas;
- tiempo de germinación o duración natural de la latencia;
- como la latencia de las semillas podría ser manipulada por tratamientos pregerminativos o almacenamiento de las semillas;
- la duración del tiempo requerido desde la siembra de las semillas hasta el repique;
- la duración requerida de almacenamiento antes de la plantación, para que los árboles jóvenes alcancen el tamaño plantable;
- cómo el crecimiento y almacenamiento antes de la plantación, pueden ser manipulados con aplicaciones de fertilizantes y otros tratamientos.

El producto final.

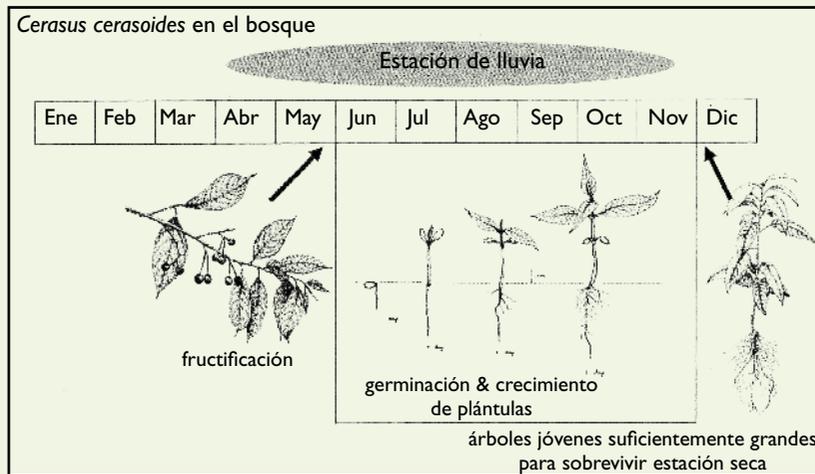


Toda esta información la encontrarás disponible en las hojas de datos del vivero, si se están siguiendo los procedimientos detallados arriba. El cronograma de producción es en gran medida un documento de trabajo 'en curso'. Haz un borrador de la primera versión, una vez que el primer lote de plantas ha crecido a un tamaño plantable. Esto permite la identificación de áreas que requieran más investigación y de los tratamientos adecuados que deben ser probados en experimentos posteriores. Al hacerse disponibles los resultados de los experimentos con los siguientes lotes de plantas, se irá gradualmente modificando y optimizando el cronograma de producción.

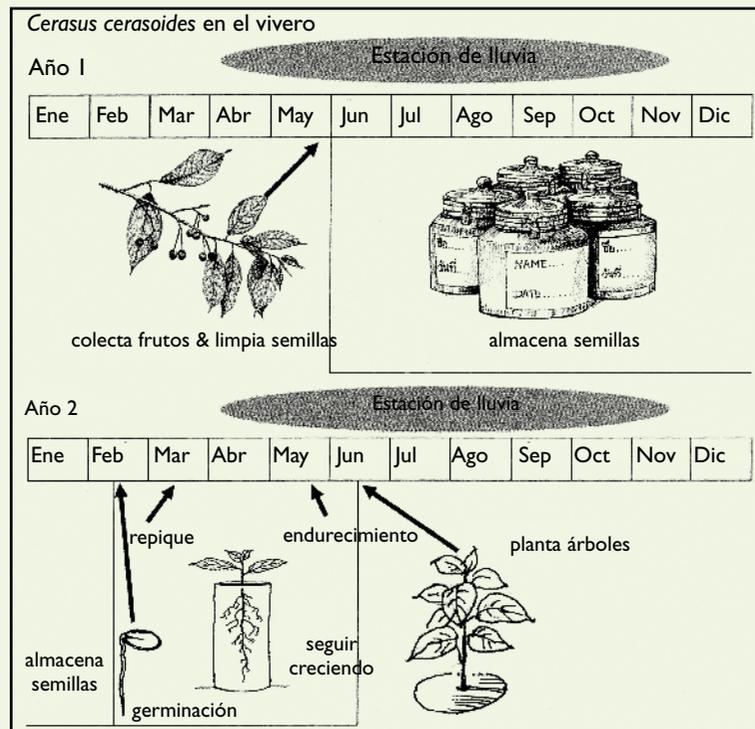
6.6 INVESTIGAR PARA MEJORAR LA PROPAGACIÓN DE LOS ÁRBOLES NATIVOS

Cuadro 6.6. Ejemplo de cronograma de producción (para *Cerasus cerasoides*).

En su hábitat natural, este árbol pionero de crecimiento rápido, fructifica en abril y mayo. Sus semillas tienen una latencia corta y las plántulas crecen rápidamente durante la estación de lluvia. En diciembre, sus raíces han penetrado el suelo a una profundidad suficiente, como para poder suministrar al brote con agua durante las duras condiciones de la estación seca. En el vivero, los jóvenes árboles que hayan alcanzado un tamaño plantable en diciembre, tendrían que seguir manteniéndose durante otros 6 meses, antes de la siguiente temporada de plantación (el siguiente junio), y crecerían fuera de sus contenedores.



En el vivero, el cronograma de producción supone el secado al sol de los pirenos y su almacenamiento a 5°C hasta enero, cuando son germinados. Las plantas entonces crecerán a un tamaño óptimo, justo a tiempo para su endurecimiento y plantación, en junio. El desarrollo de este cronograma de producción involucró investigaciones de fenología, germinación de semillas, crecimiento de plántulas y almacenamiento de semillas.



ESTUDIO DE CASO 4

Doi Mae Salong: Clubs de Tesoro de Árboles

País: Tailandia

Tipo de bosque: Bosque siempreverde en tierras de bosques tropicales estacionalmente secos.

Propiedad: El proyecto de los 'Clubs de Tesoro de Árboles' fue parte de un programa de restauración de 1,500 ha, que funcionó como sociedad entre Plant a Tree Today (PATT), la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y la Unidad de Investigación de Restauración de Bosques de la Universidad de Chiang Mai (FORRU-CMU), trabajando para asistir a la Oficina de Comando Supremo (OCS) de Tailandia.

Manejo y uso comunitario: Se plantaron una mezcla de cultivos comerciales cuidadosamente seleccionados y árboles nativos 'framework', con el doble objetivo de aliviar la pobreza a través de la silvicultura sostenible y la restauración de la cuenca de agua degradada.

Nivel de degradación: Despejado casi totalmente para la agricultura, salvo fragmentos de bosques.

Uno de los mayores retos que encuentran los administradores de proyectos, es encontrar suficientes semillas para restaurar diversos bosques tropicales, pero también provee una oportunidad para comprometer a comunidades enteras en la restauración de bosques desde el principio. Si muchas manos alivian el trabajo, entonces ... "muchos ojos detectan más semillas"!

En Doi Mae Salong en el norte de Tailandia, la Unidad de Investigación de Restauración de Bosques de la Universidad de Chiang Mai (FORRU-CMU) y la UICN comprometieron a ocho colegios de pueblo para que hicieran sus propios viveros de árboles. Como parte de la UICN 'Estrategia de Medios de Vida y Paisajes'¹ (financiado por la PATT²), el 'Club de Tesoro de Árboles' proporcionó formación tanto para los profesores como para sus alumnos, aumentó la concienciación del valor de los árboles de bosques nativos, y proveyó incentivos a los niños para que recolectasen semillas para los viveros.



Etiquetando un 'árbol de tesoro': sus semillas son el tesoro y los niños son recompensados por recolectarlas.



En retribución por la recolecta de semillas, los miembros del 'Club de Tesoro de Árboles' acumulan pegatinas en sus tarjetas de socios, que pueden canjear por recompensas.

¹ www.forestlandscaperestoration.org/media/uploads/File/doi_mae_salong/watershed_forest_article_6.pdf

² www.pattfoundation.org/what-we-do/reforestation/complete-project-list/doi-mae-salong.php

ESTUDIO DE CASO 4 – DOI MAE SALONG: CLUBES DE TESORO DE ÁRBOLES



Las actividades del vivero fueron integradas como parte del programa escolar, proveyendo a los estudiantes con habilidades de producción de plantas que pueden ser aplicadas, tanto en la horticultura como en la silvicultura.

Primero, se identificaron los árboles supervivientes dentro de distancias a pie desde los colegios y se marcaron con los símbolos de los árboles de tesoro (un diamante para implicar el alto valor con una plántula de árbol creciendo de éste) junto con los nombres locales de las especies de árboles y los meses de fructificación si fueran conocidos.

A los niños se les dieron tarjetas de socio del 'Club de Tesoro de Árboles'. Cualquier miembro que entregaba una bolsa de semillas de los árboles marcados al profesor encargado del vivero escolar, recibía una pegatina para su tarjeta. También se podían ganar pegatinas por unirse a los deberes simples del vivero, como el trasplante de las plántulas.

Las actividades de los viveros de árboles incluyeron una clase semanal de agricultura y los niños también aplicaron las habilidades arborícolas recientemente adquiridas en la producción de árboles frutales. Por cada cinco pegatinas ganadas, el miembro recibía una recompensa.

Los viveros fueron usados para producir especies de árboles 'framework', para un programa de restauración de bosque de 1,500 ha en el área. Se vendieron árboles jóvenes al programa y el ingreso se usó para comprar los materiales y equipos para los colegios. Así, tanto los niños como las comunidades en su conjunto se beneficiaron del proyecto. Además, se introdujo un elemento de competencia amigable en los colegios. Se juzgaba a los colegios en base a las especies y el número de árboles jóvenes producidos, al igual que su calidad. A los alumnos se les preguntó sobre los tres procedimientos de vivero que habían aprendido y para mostrar que podían reconocer las especies de árboles 'framework' locales. El proceso de evaluación también servía como el proceso formal de monitoreo del proyecto. Los resultados de la competencia eran revelados en un evento 'gala' del proyecto, en el que los colegios con mayor participación recibieron los trofeos. En un año, el proyecto recibió un total de 10,000 árboles de 24 especies para el programa de restauración del Comando Supremo, aportando a los colegios ingresos de un total de US\$ 918 de las ventas de los árboles.



Los colegios con mayor participación ganaron trofeos y todos los colegios fueron recompensados con grandes paquetes de materiales de educación medioambiental.