

II. Colecta, preservación, propagación y manejo de especies nativas

1. DÓNDE PRODUCIR LAS PLANTAS

La producción de material vegetativo en vivero constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar masivamente especies útiles al hombre.

La propagación de plantas en estos sitios permite prevenir y controlar los efectos de los depredadores y enfermedades que pueden dañar a las plántulas en la etapa de mayor vulnerabilidad, pues al recibir los cuidados necesarios y ser mantenidas en condiciones propicias para lograr un buen desarrollo, se generan mayores probabilidades de sobrevivencia y adaptación cuando se les trasplanta a su lugar definitivo.

Debido a los fuertes problemas de deforestación y pérdida de biodiversidad que sufre el país, los viveros pueden funcionar no sólo como fuente productora de plantas, sino también como sitios de investigación donde se experimente con las especies de interés, propiciando así la formación de bancos temporales de germoplasma y plántulas (negativos) que permitan su caracterización, selección y mantenimiento, además de servir como sitios de capacitación de donde surjan los promotores de estas técnicas.

La producción de árboles y arbustos presenta al menos 3 fines productivos: frutal, forestal y ornamental, cada uno con diferentes niveles de aplicación. En este Manual nos abocaremos al aspecto forestal y su aplicabilidad en la reforestación.

Partiendo del hecho que todo programa de reforestación debe estar apoyado por uno o varios viveros que satisfagan la demanda de plantas, deben ser formulados como una de las actividades primarias en la planeación de la reforestación.

En esta planeación debe considerarse la producción diversificada y continua de plantas para hacer del vivero una empresa rentable. La rentabilidad puede establecerse por vender las plántulas que demandan los programas de reforestación, o por medio de la producción paralela de plantas con tradición comercial (frutales y/o de ornato por ejemplo). Las plantas comerciales permitirán hacer del vivero una empresa rentable y autofinanciable que podrá subsidiar parcial o totalmente la producción de plantas forestales, asegurándose así la autonomía y permanencia del vivero. Evidentemente esto implica un fuerte financiamiento inicial que le permita establecer toda la infraestructura necesaria para una producción diversificada a gran escala, así como recursos humanos y económicos para la investigación que genere las técnicas de propagación y preservación *ex situ* del germoplasma nativo.

La necesidad de realizar obras de esta naturaleza salta a la vista, debido a los alarmantes estados de degradación que sufre nuestro país. Sin embargo, para evitar los fracasos que se han presentado en su establecimiento, operación y producción, es necesario contemplar una serie de criterios que aseguren la factibilidad de la empresa.

Debemos considerar las siguientes preguntas ¿existen un interés y un compromiso social que justifiquen el establecimiento de un vivero con estas características?; ¿cuál es el mercado real y potencial de la producción para la región en donde se establecerá el vivero?; ¿existen las vías de comunicación pertinentes para sacar sin obstáculos la producción?.; ¿cuáles son las demandas específicas en especie y número de plantas?.

Otro aspecto de singular relevancia, y que se ha constituido en uno de los principales inconvenientes en la operación y producción de plantas en los viveros de México, es la falta de recursos económicos oportunos y continuos; la producción adecuada de plantas en número y talla depende en gran medida de que se pueda asegurar el financiamiento. La calendarización de las actividades a realizar para el establecimiento del vivero y las plantaciones, junto con el adecuado suministro económico, asegurará obtener la producción deseada en el momento requerido.

Todos los criterios técnicos para el establecimiento y operación de un vivero, indistintamente de su finalidad, se describen en el *Anexo 1*.

2 CÓMO PRODUCIR PLANTAS NATIVAS

La producción de plántulas para cada especie involucra requerimientos específicos que deben ser considerados para lograr un manejo adecuado en el vivero y la producción necesaria para satisfacer la demanda (en este caso proveniente de un programa de reforestación).

Debido a que las reforestaciones con especies nativas pocas veces han sido contempladas, es necesario plantear una serie de criterios básicos generales que permitirán ir generando las técnicas para su producción masiva.

La producción de plantas puede ser por medio de semillas o por propagación vegetativa o clonal; aunque este último se encuentra muy poco explorado en el país, consideramos importante hacer este tipo de consideraciones, dado que en otros países estas técnicas se han probado con éxito, sin necesidad de mucha infraestructura y con métodos sencillos y accesibles.

Con el objetivo de guiar al lector correctamente, primero tocaremos todos los aspectos relacionados con la producción por semillas y después los relacionados con la propagación vegetativa.

3 PROPAGACIÓN POR SEMILLAS

Como las semillas son la materia prima para la producción del vivero, es necesario conocer para cada especie los siguientes puntos:

- Cuándo coleccionar y qué cantidad de semillas se requiere.
- De qué individuos y en qué forma coleccionarlas.
- Cómo extraer y limpiar las semillas.
- Cuál es su viabilidad o longevidad potencial.

- Cómo almacenarlas para mantener su viabilidad.
- Detección de periodos de latencia.
- Tratamientos requeridos previos a la siembra de las semillas para romper la latencia y así poder obtener una producción exitosa.
- Cuidados que deberán tenerse con las plántulas hasta antes de su trasplante.
- Tiempo necesario para obtener tallas adecuadas.

a) Características del fruto.

Los puntos anteriores están directamente vinculados a la producción masiva de las especies en vivero, sin embargo consideramos necesario hacer, previo a la realización de la colecta, una breve reseña del desarrollo del fruto y de las semillas, ya que esto podrá facilitar su acopio.

Probablemente el lector considere desconectado el conocimiento de la floración de las plantas con la producción de frutos y semillas, sin embargo, como podrá darse cuenta, el conocimiento sencillo de estos aspectos le dará buena idea no sólo del desarrollo de los frutos y semillas, sino que también le permitirá detectar empíricamente el momento ideal de la producción de frutos maduros sin riesgo de perder las semillas o maltratarlas.

A continuación hacemos una breve reseña de la estructura de la flor y del proceso de formación de frutos y semillas, y un resumen de características fisiológico estructurales de los frutos, así como de algunos aspectos relacionados con la dispersión de sus semillas.

El fruto puede ser definido como una flor madura. Un ejemplar típico está básicamente compuesto de 4 tipos de hojas modificadas: sépalos, pétalos, estambres y carpelos, unidos al extremo del tallo o receptáculo.

Los estambres son los órganos reproductores masculinos de la flor, y colectivamente se les llama androceo. Los carpelos son los órganos reproductores femeninos, y colectivamente se les llama gineceo.

La flor puede presentar uno o varios carpelos, a cada uno de ellos se les conoce con el nombre de pistilo. Generalmente un pistilo está diferenciado por 3 partes: el ovario, que contiene los óvulos (células sexuales femeninas) y por encima de él se encuentran el estilo y el estigma, que reciben y conducen el polen (células sexuales masculinas) generado por los estambres. Una vez realizada la fecundación, se desencadena una serie de procesos bioquímicos que darán origen a un óvulo maduro (9, 10) (Figura II.1). Las semillas son óvulos maduros y los frutos son básicamente los ovarios maduros que contienen las semillas.

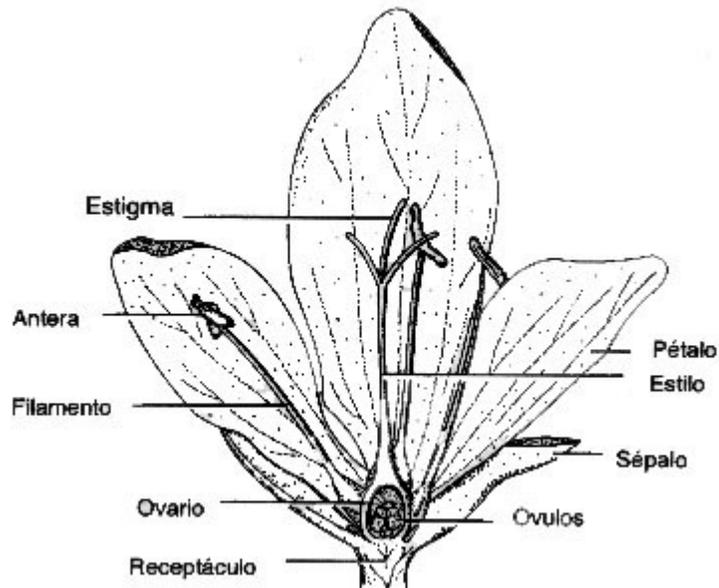


Fig. II. 1 Diagrama de una flor de dicotiledónea en sección longitudinal.

La pared del ovario del fruto maduro, el pericarpo, puede ser suave o duro, carnoso o seco, y a menudo consiste de 2 ó 3 capas distintas: exocarpo (capa externa), mesocarpo (capa media) y endocarpo (capa interna) (Figura II.2).

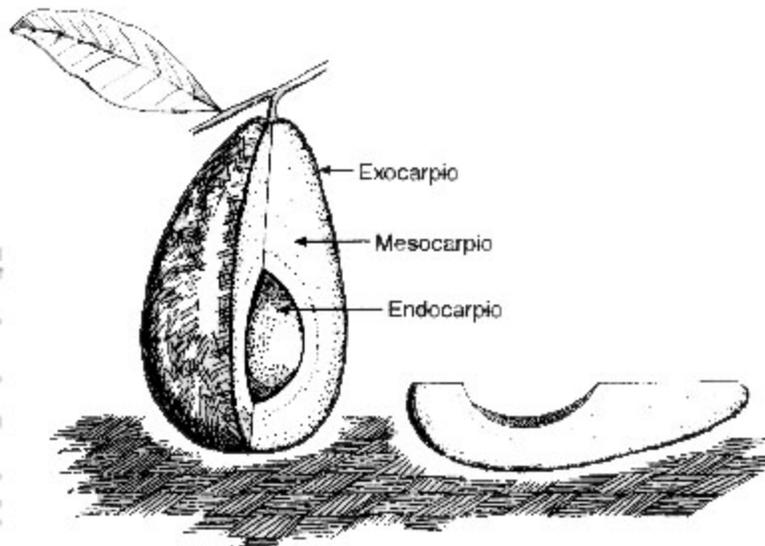


Fig. II.2 Fruto carnoso en donde se muestran las capas que envuelven a la semilla

b) Tipos de fruto.

Los frutos de diferentes especies son de diversos tamaños, formas, estructuras y texturas; con base en estas diferencias se clasifican en secos y carnosos.

Frutos secos.

Son aquellos que tienen el pericarpo o pared del ovario esencialmente seca cuando maduran. Pueden ser dehiscentes o indehiscentes.

Los frutos dehiscentes se abren cuando maduran, dejando salir generalmente varias o muchas semillas. Dentro de esta categoría se pueden encontrar los siguientes:

Folículo

Cuando madura se abre espontáneamente a lo largo de un solo lado (1 línea de dehiscencia). Las semillas maduras pueden separarse o dispersarse de la planta madre por medio de movimientos de la planta a causa de la acción del viento o algún contacto mecánico. Ejemplos de estos se tienen en la herbácea conocida comúnmente como “orejas de conejo” (*Asclepias* spp).

Legumbre.

Típicamente dehiscente a lo largo de 2 suturas (líneas de dehiscencia) cuando madura. A causa de las tensiones creadas en el fruto en maduración, a medida que se saca la dehiscencia ocurre con fuerza explosiva, arrojando las semillas lejos de la planta madre. Ejemplos característicos con este fruto son los frijoles, chícharos, tréboles, alfalfa, colorines, guajillo, y otros.

Cápsula.

Cuando madura libera las semillas a través de varias líneas de dehiscencia, generalmente por acción del viento o por contacto mecánico. Algunos ejemplos se tienen en el lirio, amapola, algodón, yuca y maguey (Figura II.3).

Los frutos indehiscentes, por su parte, permanecen cerrados cuando están maduros, reteniendo a las semillas, por lo general pocas o solitarias, en su interior.

En esta categoría podemos encontrar los siguientes:

Aquenio.

Fruto pequeño, generalmente menos de 1 cm, su pericarpo no es especialmente grueso ni duro; la semilla es solitaria y generalmente se encuentra pegada al pericarpo en un punto. Ejemplos de aquenio los podemos encontrar en las llamadas semillas (que en realidad son frutos) de la fresa y el higo, en el girasol, diente de león y guayule. Estos últimos pueden dispersarse ampliamente, adhiriéndose a la piel de los animales o a la ropa por medio de ganchos o espinas. Asimismo, los aquenios asociados con estructuras comestibles, como el caso del

higo o la fresa, pueden ser tragados por aves u otros animales, pasando a través del tracto digestivo sin dañarse, para finalmente ser evacuados a grandes distancias de la planta madre.

Sámara.

Muy parecido a un aquenio, pero el pericarpio se prolonga prominentemente formando una ala delgada y plan. Los frutos del fresno, olmo y en general de los pinos, son característicos de este tipo. La dispersión se realiza por fuentes corrientes de viento pudiendo arrastrar al fruto por distancias considerables.

Nuez.

Tiene una sola semilla y la pared del fruto (ovario fusionado con otras partes de la flor) o parte de ella se hace pétrea o muy leñosa en la madurez. Ejemplos de este tipo los encontramos en el encino y el nogal. Sus semillas son frecuentemente dispersadas por roedores, pues son muy gustadas por ello. Asimismo, las semillas grandes y redondeadas pueden flotar en el agua y ser transportadas a grandes distancias por la corriente superficial.

Grano o cariósida.

El pericarpio y la cubierta de la semilla se encuentran fuertemente unidos. Ejemplos de este tipo son los granos de arroz, trigo, maíz y otras gramíneas. (Figura II.3).

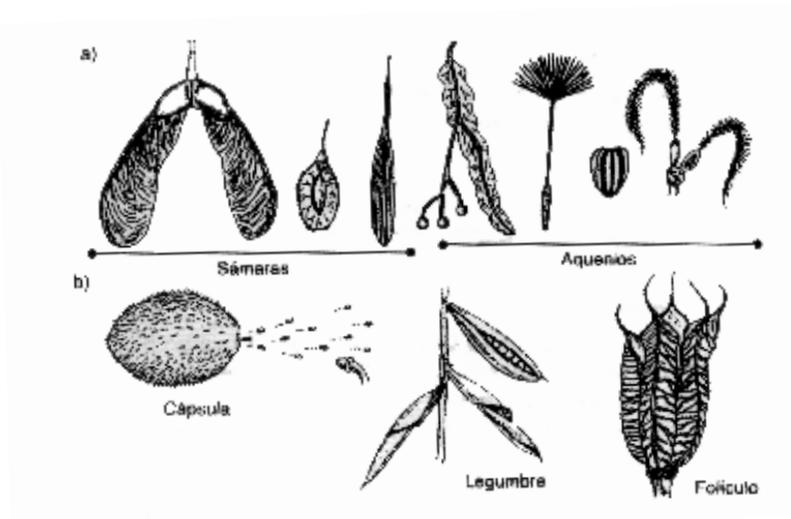


Fig. II.3 Frutos secos: a) indehiscentes; y b) dehiscentes.

Frutos carnosos.

Son aquellos que tienen el pericarpo o pared del ovario parcial o totalmente carnosa cuando maduro. Muchos sirven como alimento pues tienen sabores agradables y dulces. Esta cualidad ayuda a la dispersión de las semillas por los animales, pues al ser ingeridas junto con los frutos pueden pasar a través del tracto digestivo sin ser dañados. Se dividen de la siguiente manera.

Baya.

Es el tipo más común de fruto carnosos. Su pericarpo puede ser totalmente carnoso o bien presentar una cubierta dura o coriácea, y contener una o más semillas. De acuerdo al tipo de cubiertas las bayas a su vez se dividen en:

Baya típica.

El pericarpo es esencialmente carnoso y el exocarpo forma sólo una pared delgada. Son ejemplos la uva, el tomate, los frutos de las cactáceas y otros.

Pepénide.

Es una baya con una cubierta dura. Podemos encontrar ejemplos en la sandía y la calabaza.

Hesperidio.

Es una baya con una cáscara coriácea y separable, además de contar con septos apergaminados. Podemos encontrar ejemplos en la naranja, toronja y cítricos en general.

Drupa.

Es como una baya excepto porque el endocarpo o pared interna del fruto está modificada formando una capa dura ósea (el "hueso") que por lo general encierra una sola semilla. El "hueso" del durazno, ciruela y cereza entre otros, es la semilla completa con un tegumento pétreo y pardo.

Pomo

En este el endocarpo es papiráceo o algunas veces duros, formando una parte central, por lo general con varias semillas. Ejemplos característicos se encuentran en la manzana, pera, membrillo, tejocote, y otros (Figura II.4).

c) Colecta.

1) Época de colecta

Como la producción de plántulas depende básicamente de la cantidad y calidad de las semillas, es de suma importancia conocer el momento adecuado para llevar a cabo la colecta de los frutos de los que posteriormente se extraerán las semillas.

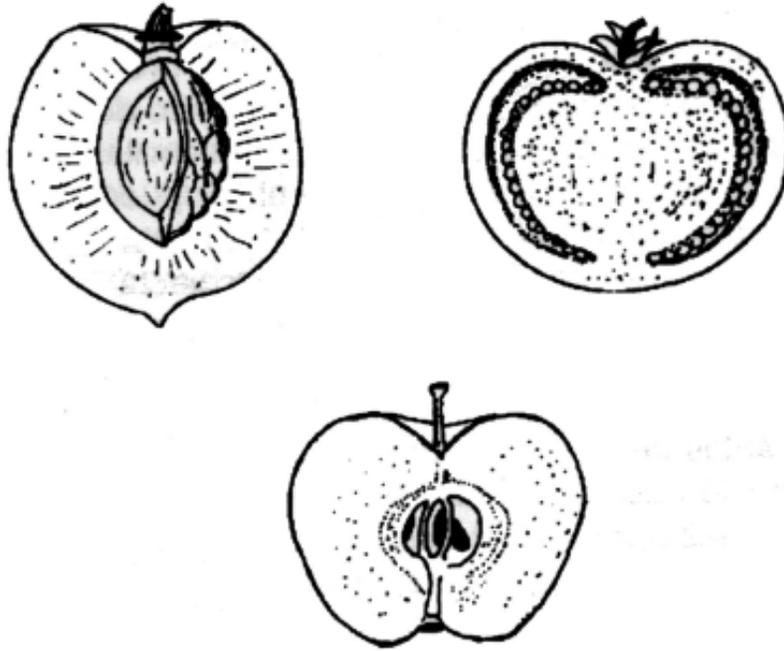


Fig. II.4 Frutos carnosos.

A continuación se presentan algunas formas de obtener la información de los periodos de producción.

- Encuestar a los habitantes de la localidad para conocer los periodos en que las especies de interés presentan frutos maduros y corroborándolo con recorridos de campo.
- Hacer recorridos para conocer los diferentes estados de madurez de los frutos y poder detectar el punto óptimo de maduración.
- Llevar a cabo estudios fenológicos que detecten, entre otros aspectos de interés, las épocas de producción de flores y frutos, y su periodicidad, es decir si la producción es anual o se requiere de un tiempo mayor para contar con las semillas.

2) *CÓMO HACER LA COLECTA.*

Una vez que se tiene detectada la época de producción de frutos para cada especie, la colecta debe hacerse en el pico de producción de frutos maduros, ya que se obtienen más y mejores semillas con menor esfuerzo. Si se hace de frutos inmaduros se dificulta y puede repercutir negativamente en la producción de plantas debido a problemas de inmadurez de las semillas. También es importante que la colecta no se realice después del pico de producción de frutos, porque general-

mente los frutos tardíos presentan semillas más pequeñas e inviábiles. Además, es especies que presentan frutos dehiscentes se corre el riesgo de perder la semilla si no se colecta antes de su dispersión.

La obtención de frutos debe ser directamente de los árboles, porque no podemos saber a qué factores y cuánto tiempo han estado expuestos los frutos en el suelo, pudiendo presentarse problemas de plagas e inviabilidad en las semillas (Figura II.5).



Fig. II.5 Colecta de frutos

La colecta de frutos para cada especie debe hacerse del mayor número de árboles con las siguientes características: que no presenten plagas, fuertes y vigorosos, que presenten un fuste recto sin bifurcaciones ni torceduras (a excepción de los arbustos), y que sean buenos productores de frutos. Esto asegura en cierto modo contar con semillas que originen plantas con características deseables.

Como las épocas de producción de frutos maduros de las especies varían de acuerdo al sitio en que se trabaje, es necesario detectarlas para cada localidad, así como ubicar y seleccionar los individuos de los que se hará la colecta, para realizar en la época adecuada. Asimismo, para hacer uno de lotes de semilla que van a ser empleadas en programas de reforestación es recomendable, siempre que se pueda, usar semillas de poblaciones locales, a menos que se demuestre que otra fuente de semillas puede funcionar mejor. Por semilla local se entiende a la que procede de un área expuesta a influencias meteorológicas, topográficas y altitudinales similares a las del lugar de trabajo.

d) Obtención y limpieza de semillas.

Una vez que se ha hecho la colecta de los frutos maduros, procede a la obtención de las semillas. Debemos considerar que todas las semillas están expuestas

a sufrir daño, si su cosecha y limpieza se realizan inapropiadamente, así como también, un decremento en su viabilidad puede ocurrir, cuando la cosecha se realiza en semillas se haga lo más rápido posible.

Además, es importante organizar la colecta para cada especie evitando revolver los frutos de diferentes sitios de colecta y cuidando de registrar claramente el lugar y la fecha. Esto simplifica el trabajo y proporciona información para conocer la edad de las semillas, dato importante que se relaciona directamente con su viabilidad y capacidad de germinación.

De las características morfológicas y estructurales de los frutos, mencionadas anteriormente, es claro que la obtención de semillas en los frutos secos dehiscentes es muy sencilla, pues requiere solamente tener una idea precisa del periodo de madurez, porque una vez que se presenta su apertura se corre el riesgo de perder la semilla. Es recomendable que la colecta se realice en cuanto se detecte la dehiscencia de algunos frutos, durante los recorridos de prospección para determinar su madurez. Esto se facilita porque generalmente los frutos en los diferentes árboles parentales no dispersan las semillas simultáneamente, sino que se presenta un tiempo variable (dependiendo de la especie) que generalmente permite colectar frutos que aún no han dispersado sus semillas.

Algunas veces, para evitar la pérdida de semillas, se recomienda hacer la cosecha antes de la maduración completa de los frutos, los que se secan antes de extraer las semillas. En este método el cosechador debe tener la suficiente experiencia y conocimiento de la especie, tanto para hacer la colecta antes de la dispersión como para realizarla cuando la semilla está fisiológicamente madura.

Para determinar el grado de madurez de las semillas, previo a la colecta, es necesario realizar una "prueba de corte", que consiste en abrir cierto número de frutos de una fuente específica y examinar las semillas para determinar su madurez. Después los frutos se secan, extendiéndolos en capas delgadas sobre una lona o sobre el piso pavimentado, con la salvedad que no hay encharcamientos de agua. Esto permitirá que el fruto termine de madurar y empiece a dejar en libertad a las semillas. La extracción se realiza golpeando los frutos secos con una vara, o fragmentándolos por pisoteo; posteriormente se separan los restos del fruto y basura de las semillas por medio de una criba o colador. Finalmente, se limpia y selecciona la semilla por medio de un venteado (11).

Si los frutos de interés son secos pero indehiscentes será necesario abrirlos con la ayuda de pinzas o tijeras de colecta. En este caso la extracción de las semillas es más tediosa, pero se tiene la ventaja de que no se pierden cuando se presenta la maduración del fruto. No obstante es necesario no perder de vista el periodo óptimo de colecta, pues aunque las semillas no se pierdan los frutos ya maduros caen al suelo, lo que implicaría perder la semilla dado que no es muy recomendable obtener semillas de estos frutos.

En el *Estudio de caso* se detalla cuidadosamente el proceso de colecta, limpieza y extracción de semillas de frutos secos dehiscentes e indehiscentes para

algunas especies de selva baja caducifolia. Asimismo, en el *Anexo 2* se cita el proceso de obtención de semillas para coníferas.

En cuanto a los frutos carnosos el proceso de colecta es similar a lo mencionado anteriormente, cuidando la maduración y dispersión de las semillas. Una vez hecha la colecta, la limpieza debe hacerse inmediatamente, porque el pericarpio presenta altos contenidos de humedad. La cubierta pulposa (pericarpio) se remueve por lavado en agua o de alguna otra forma, dejando únicamente a la semilla perfectamente limpia. Otra opción para bayas pequeñas como las de las cactáceas y juniperus es la siguiente: aplastarlas con un rodillo de cocina, removerlas en agua y remover la pulpa por flotación.

Antes de almacenar las semillas y/o realizar su siembra es necesario determinar la pureza del lote. La determinación de la pureza es una medición de la pureza es una medición del proceso de limpieza de la semilla y es de gran utilidad cuando la siembra se hace por peso o número de semillas. Esta prueba separa la muestra en semilla pura (aquella que no presenta daños de ningún tipo -insectos, mecánicos, etcétera-) y material inerte (todo aquel material no germinable –pedazos de semillas, ramas piedras, etcétera-): En el *Anexo 3* se detalla cómo hacer esta evaluación.

Una vez que las semillas han sido limpiadas y seleccionadas estamos en condiciones de iniciar la propagación de plántulas, o bien de almacenarlas en la época de producción de semillas se encuentra alejada del momento de realizar la reforestación.

A continuación presentamos criterios, biológicos y estructurales, que permiten conocer algunos aspectos de la diversidad de estructuras y mecanismos que las semillas presentan, para colonizar naturalmente el medio que habitan, y que también indican las ventajas y limitantes para su manipulación, almacenamiento y propagación.

4 TIPOS DE SEMILLAS Y SUS CARACTERÍSTICAS

Como la propagación de especies nativas pocas veces ha sido practicada para atender los programas de reforestación, es importante tener en cuenta una serie de criterios biológicos fundamentales de las especies de interés, pues su conocimiento permitirá obtener la producción deseada en el tiempo necesario.

Uno de los primeros pasos a realizar es la caracterización y creación en vivero de un almacén o banco temporal de semillas para cada una de las especies que se deseen propagar; esto asegura la producción continua de plantas y facilita el conocimiento de ciertos aspectos relacionados con la viabilidad y germinación de las semillas.

a) *Longevidad de las semillas.*

De manera esquemática todas las semillas están formadas por un embrión que da lugar a la futura planta, tejidos que contienen reservas nutritivas (generalmente

cotiledones y algunas veces endospermo) para alimentar a la planta en sus primeros días de crecimiento, y una testa o cubierta protectora más o menos aislante y resistente que cubre completamente a la semilla, protegiéndola de los efectos dañinos del medio ambiente hasta que se presenta la germinación (12) .

Las características estructurales y fisiológicas de las semillas determinan en buena parte su longevidad. Entre otras características tenemos: la presencia o ausencia de un periodo de pérdida de humedad (deseccación) previo a la maduración, es estado de madurez del embrión al momento de la colecta, el contenido de sustancias en el interior de la semilla que impiden la germinación, la resistencia a la desecación o al frío y la presencia de testas gruesas o duras (12).

La longevidad de las semillas es el tiempo que una muestra puede conservar su viabilidad o capacidad óptima de germinar en estado latente.

Se reconocen dos tipos de longevidad:

- Ecológica-Longevidad real de las semillas en condiciones naturales una vez que han caído al suelo y
- Potencial-Duración máxima de la viabilidad que puede conseguirse en condiciones artificiales de almacenamiento (13).

Una de las formas más efectivas de preservar el germoplasma de especies vegetales silvestres, es mediante el almacenamiento de semillas en condiciones controladas que permitan conservar la duración de su viabilidad (13). Con esto se asegura contar con las semillas necesarias para cubrir la demanda de producción de plantas en el vivero.

Aunque existen métodos relativamente sencillos que permiten prolongar la vida de muchas semillas en condiciones de almacenamiento, una parte importante de las especies del pías presentan semillas con fuertes problemas para conservar su viabilidad en estas condiciones (13).

De acuerdo a los diferentes comportamientos que presentan las semillas en condiciones de almacenamiento, se clasifican en dos grupos:

b) Semillas ortodoxas.

Este tipo de semillas, que son susceptibles de almacenarse por largos periodos de tiempo, pasan por una etapa de deshidratación (pérdida de agua) y de completa inhibición del metabolismo, por lo cual su tasa respiratoria es mínima (12). Tienen a ser de talla pequeña (con excepción de las que tienen testa dura) y se desprenden de la planta madre con un contenido de humedad generalmente menor al 20% sobre su peso. En estado de latencia su tasa respiratoria es insignificante y pueden permanecer almacenadas por largos periodos a temperaturas menores de 5°C cuando alcanzan bajos niveles de hidratación (menos del 5% sobre su peso) (15). Las semillas ortodoxas son frecuentes en ambientes con climas marcadamente estacionales, caracterizados por periodos más o menos prolongados de sequía o frío (12). Las plantas que las producen con frecuencia son herbáceas y arbustos que habitan sitios con estación seca marcada. En am-

bientes húmedos (tropicales y subtropicales) se presentan entre las plantas oportunistas o ruderales de hábito herbáceo y arbustivo y rara vez en algunos árboles.

La gran mayoría de las especies cultivadas con importancia agrícola, así como todas aquellas especies forestales utilizadas en plantaciones monoespecíficas (pinos, eucaliptos, casuarinas, etcétera) presentan semillas ortodoxas (13, 15, 16).

c) Semillas recalcitrantes.

A diferencia de las ortodoxas, las semillas recalcitrantes no pueden ser almacenadas y tienen escasa longevidad (13, 14), son producidas por plantas leñosas de ambientes húmedos, fundamentalmente árboles de bosques no perturbados, en regiones con clima húmedo, fundamentalmente árboles de bosques no perturbados, en regiones con clima húmedo, ya sea tropical, subtropical o templado. Las semillas maduras generalmente tienden a ser grandes y son liberadas de la planta madre con un alto contenido de humedad (entre el 40 y 60% de agua sobre su peso). Asimismo, su latencia es de una naturaleza más efímera y menos profunda, y en muchos casos no se puede asegurar que la presente. Por ello, no se presenta como tal una interrupción del metabolismo, por lo que en ningún momento dejan de respirar, manteniendo un requerimiento de oxígeno elevado; por ello al carecer de ventilación adecuada las semillas mueren. Como las recalcitrantes no están condicionadas ni estructural ni fisiológicamente para resistir la desecación y el frío, al tratar de almacenarlas se presentan los siguientes problemas: daños en la estructura celular provocados por desecación cuando su contenido de humedad se reduce por debajo del 20%; daños por congelación, provocados por la formación de cristales cuando se almacenan con altos contenidos de humedad; problemas asociados con el almacenamiento hermético en una condición húmeda, en donde hay falta de oxígeno, contaminación por hongos y bacterias y germinación durante el almacenamiento (12, 13, 15, 16).

5 PRESERVACIÓN DE LAS SEMILLAS EN CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Con la información anterior, es claro que sólo las semillas ortodoxas pueden ser almacenadas por periodos prolongados, gracias a sus características fisiológicas y estructurales. En los siguientes apartados se presentan una serie de criterios y sugerencias que deben ser considerados para el mantenimiento de la longevidad de dichas semillas en condiciones de almacenamiento.

Existen diversos factores que pueden causar daño en las semillas después de la cosecha: alto contenido de humedad, altas temperaturas, fuerte insolación, insectos y enfermedades producidas por hongos y bacterias que pueden matar el embrión (17). Por esto el almacenamiento debe iniciarse una vez seleccionada y limpiadas las semillas, y prolongarse hasta el inicio de la siembra.

Los dos factores que más afectan la longevidad de las semillas en condiciones de almacenamiento son: el contenido de humedad de las semillas (CH) y la tem-

peratura del sitio donde se almacenan. Se ha encontrado que el tiempo de vida de las semillas en almacén puede duplicarse por cada 1% de reducción en el contenido de humedad y/o por cada 5°C de reducción en la temperatura (17, 18).

La determinación del CH de las semillas antes de su almacenamiento es de gran importancia. Si son almacenadas con contenidos de humedad mayores al 13% se puede presentar germinación, elevación de la temperatura e invasión por hongos, que destruye rápidamente su viabilidad. Igualmente, si son secadas por debajo del 4-5% de la CH, pueden sufrir daño debido a procesos bioquímicos en su interior y que causan deterioro genético.

Las semillas deben ser secadas tan rápido como sea posible y almacenadas con CH menor del 13% y mayores de 5%, dicho rango es ideal para lograr la máxima longevidad en condiciones de almacenamiento (17, 19).

a) *Determinación del contenido de humedad de las semillas.*

1) Método de mordedura.

El CH puede determinarse por el método de “mordedura”, que consiste, como su nombre lo dice, en morder la semilla. Si se siente blanda, el contenido de humedad es peligrosamente alto. Aunque es un método muy impreciso, permite saber cuando se presentan altos CH y puede ser usado para tiempos de almacenamientos cortos (17).

2) Deshidratación por medio de horno.

Otro método, sencillo y ampliamente aceptado por su veracidad, es la deshidratación de las semillas por medio de un horno. No requiere gran cantidad de infraestructura, dado que solamente se necesita un horno y una balanza precisa. Consiste de los siguientes pasos:

- 1) Calentar el horno a 105°C o 130°C.
- 2) Pesarse el envase (vasija de aluminio) en que se colocarán las semillas. Se recomienda usar tenazas, ya que con las manos se puede depositar humedad en el envase.
- 3) Pesarse el envase con una muestra de las semillas frescas (recién colectadas).
- 4) Colocar el envase con las semillas en el horno a temperatura de 105°C de 16 a 24 hrs o a 130°C por 1 hr.
- 5) Sacar el envase con las semillas y colocarlo en un desecador por dos horas, con el objeto de enfriar las semillas sin incrementar su humedad.
- 6) Pesarse el envase con las semillas secas (deshidratadas) y descontar el peso del envase. Se recomienda evaluar dos muestras por lote al mismo tiempo, para disminuir el error de cálculo.
- 7) Calcular el contenido de humedad con base en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ CH} = \frac{\text{Peso en fresco} - \text{peso seco}}{\text{Peso en fresco}} \times 100$$

Este procedimiento proporciona el contenido de humedad con base al peso húmedo. Su ventaja es que el CH expresa la cantidad real de agua de la semilla (18, 20). Asimismo, permite saber cuánta agua deben perder (deshidratación) para que sean almacenadas sin sufrir menoscabo alguno en la conservación de su viabilidad.

b) Temperaturas de almacenamiento.

Como se mencionó, las temperaturas de almacenamiento son también decisivas para la conservación de las semillas; sin embargo, como se podrá ver más adelante, tanto la temperatura como el contenido de humedad se encuentran estrechamente relacionados y su conjugación es determinante en la conservación de la viabilidad de las semillas.

Las temperaturas aceptables para almacenar semillas por largos periodos pueden ser inclusive por debajo de 0°C, siempre y cuando, presenten contenidos de humedad menores al 14%. Desafortunadamente la mayoría de los almacenes con temperaturas menores de 0°C presentan alta humedad relativa (cantidad de agua que se presenta en el medio, con relación a una temperatura determinada), lo que ocasiona que después de cierto tiempo de almacenamiento las semillas ganen humedad, debido a que normalmente llegan a un equilibrio con la humedad relativa (HR) del medio que las rodea, lo que a la larga resulta en pérdida de viabilidad por daños celulares. Este problema puede ser contrarrestado secando previamente las semillas y guardándolas en recipientes impermeables a la humedad (ver Recipientes impermeables a la humedad en *d) Envasado de las semillas*), para posteriormente almacenarlas a temperaturas de 0 a 5°C. Con esto se asegura la conservación de la viabilidad y se reduce la actividad nociva de hongos e insectos (18, 20).

C) Secado de las semillas.

Para secar las semillas es necesario que la HR de su entorno esté por debajo de su CH, ya que esto provoca un gradiente de humedad que favorece la pérdida de agua de las semillas al aire; si por el contrario la humedad relativa es mayor, se propiciará que éstas ganen mayor humedad, lo cual no es favorable para su conservación (17, 19).

Las recomendaciones de secado varían en función del tiempo que se pretenda almacenar a las semillas:

- Para un año, el secado deber estar en equilibrio con una HR del 65%.
- Para dos o tres años, a 45% de HR.
- Para periodos mayores de 25% o a contenidos de humedad del 5-6% (17,19).

El secado de las semillas puede hacerse por varios métodos:

1) Calor seco.

Las semillas se ponen en un horno, a temperaturas que no excedan los 35°C, el tiempo necesario para obtener el contenido de humedad deseado. La desventaja

de este método es la dificultad para mantener constantes las temperaturas, porque los hornos no tienen la precisión para controlarlas, pudiendo implicar elevaciones de temperatura que pueden dañar a las semillas.

2) *Exposición de las semillas a flujos de aire.*

Es alternativo al método anterior y resulta igual de sencillo y económico. Consiste en la exposición de las semillas a una fuente de aire constante, como la de un ventilador, por varios días hasta obtener un CH aceptable (Figura II.6).

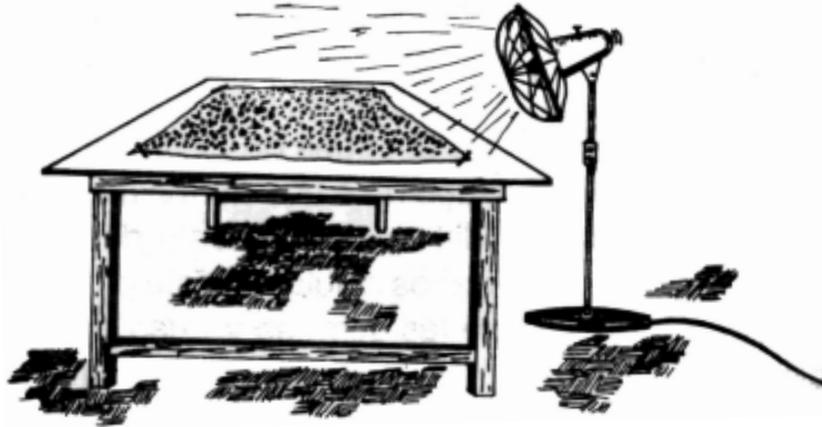


Fig. II.6 Secado de semillas con flujo continuo de aire.

3) *Exposición de las semillas a flujos de aire seco*

Se ponen en dispositivo cerrado con dos conexiones, una por donde entra el aire seco y otra por donde el aire húmedo es extraído y reemplazado por seco (Figura II.7). Es claro que este método involucra una mayor precisión que los anteriormente descritos, sin embargo, su desventaja radica en la necesidad de infraestructura, por lo que se recomienda aplicarlo sólo cuando se tenga en mente formar bancos permanentes de germoplasma y usar los dos primeros métodos cuando las semillas se deseen almacenar por tiempo no muy prolongados.

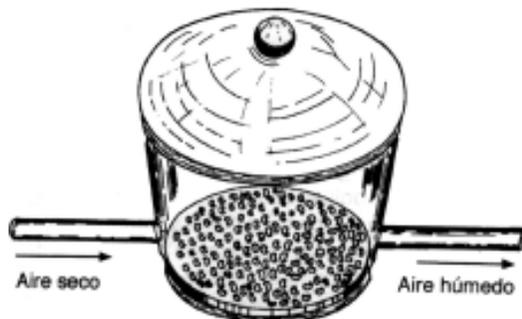


Fig. II.7 Exposición de las semillas a flujos de aire seco

La importancia de rodear a las semillas en almacén de un medio seco ha sido mencionada varias veces con anterioridad, por ello a continuación describiremos dos métodos confiables para lograr la remoción de la humedad del aire en el almacén: refrigeración de desecación.

- La refrigeración debe realizarse a temperaturas controladas de 20°C. Es una técnica compleja y requiere de infraestructura especial y costosa, ya que usa un sistema de refrigerantes que condensa la humedad del aire como hielo y posteriormente, el agua es drenada al exterior de los dispositivos (17).
- La desecación involucra compuestos químicos que son accesibles económicamente y sencillos de manipular; puede utilizar desecantes inertes sólidos como la sílica gel o alumina activada ambos compuestos aboserven la humedad del almacén o cuarto de secado, propiciando que el recirculamiento de aire absorba la humedad de las semillas. El desecante deber ser periódicamente revisado y activado por calentamiento a altas temperaturas (17).

Después que las semillas han sido secadas al contenido de humedad deseado, deben ser almacenadas en recipientes que impidan su rehidratación.

d) Envasado de las semillas

El almacenamiento de las semillas en seco puede hacerse de 3 formas: latas o tambos aislantes de humedad, cuartos deshumidificadores y cajas de metal o recipientes con desecante sólido. Aunque los principios para todos ellos son los mismos, los fines, operatividad, infraestructura y costos varían considerablemente.

1) Latas o tambores aislantes de humedad.

Los recipientes impermeables a la humedad son muy variados en su capacidad y tipo de materiales empleados, pudiendo ser desde latas o botes hasta tambos de grandes dimensiones. Deben estar internamente recubiertos con varias bolsas de polietileno de grosor 700, además de ser sellados herméticamente con su tapa y recubrimiento de estaño. La desventaja que muestra este método es su poca operatividad, pues el sellado del recipiente dificulta el trabajo para aquellos lotes de semillas que requieren ser manipuladas continuamente (17, 19) (Figura II.8).



Fig. II.8 Recipiente de lámina para almacenar semillas.

2) Cuartos deshumidificadores.

Una alternativa para el método anterior es el uso de cuartos deshumidificadores. La construcción de cuartos de almacenamiento impenetrables a la humedad debe considerar los siguientes aspectos: no debe tener ventanas u otros orificios, contando únicamente con la puerta de acceso, que deberá ser recubierta con aislante térmico como si fuera una puerta de refrigerador; las paredes, techo, piso y puerta deben estar completamente selladas para evitar la entrada de humedad. Se sugiere que los sellos estén en el interior de la estructura, éstos consisten de asfalto (de por lo menos 3mm de grosor), varias capas de polietileno (de grosor de 1000) y láminas de aluminio. Si bien representa una alternativa operativa, su desventaja radica en que son muy costosos e inaccesibles para muchas áreas que carecen de servicios, lo que hace poco factible este tipo de infraestructura. Sin embargo, es una opción recomendable y precisa si se tiene en mente establecer un banco de germoplasma permanente (17,19) (Figura II.9).

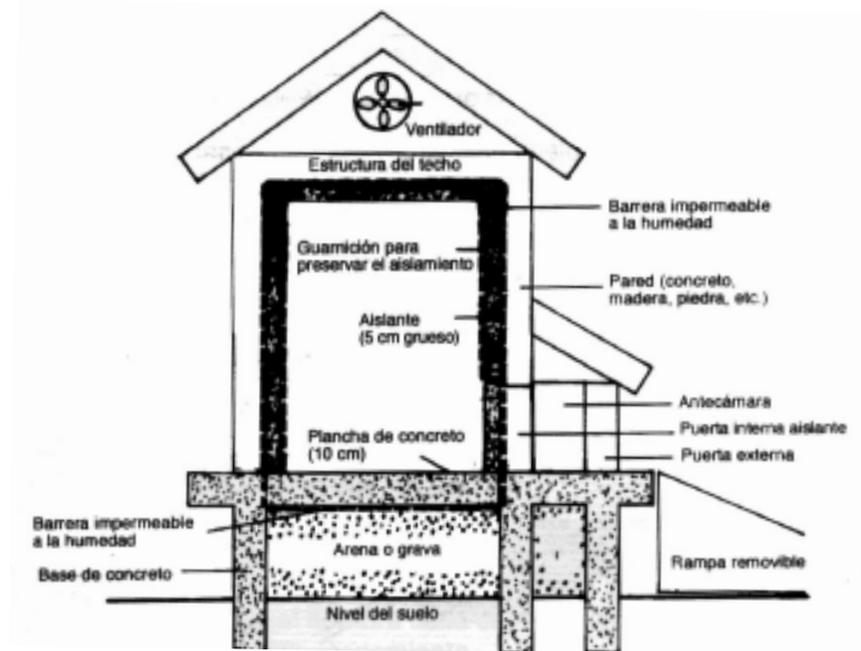


Fig. II.9 Plano de un cuarto para almacenar semillas por largos periodos de tiempo (Tomado de Kozlowski, 1972.)

3) Cajas de metal o recipientes con desecantes sólido.

Otro método que puede ser igual de exitos en el mantenimiento de la longevidad de las semillas, y que es muy accesible tanto operativa como económicamente,

es el uso de cajas de acero inoxidable con tapas herméticas, o recipientes impenetrables a la humedad, como son frasco de vidrio o plástico con tapa (Figura II.10)

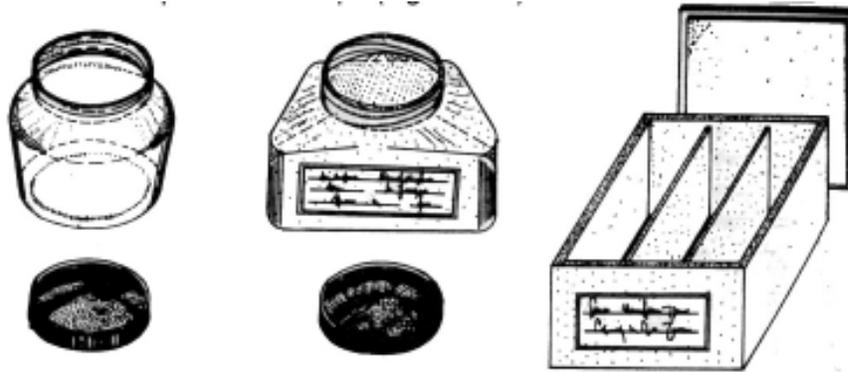


Fig. II.10 Recipientes airtantes de humedad para almacenar semillas. (Tomada de Kozlowski, 19972).

En estas cajas o recipientes las semillas pueden ser introducidas con un paquete de desecante como es la silica gel, posteriormente se tapa y se almacena a temperaturas de 20 a 25°C (Figura II.11^a y II.11b).

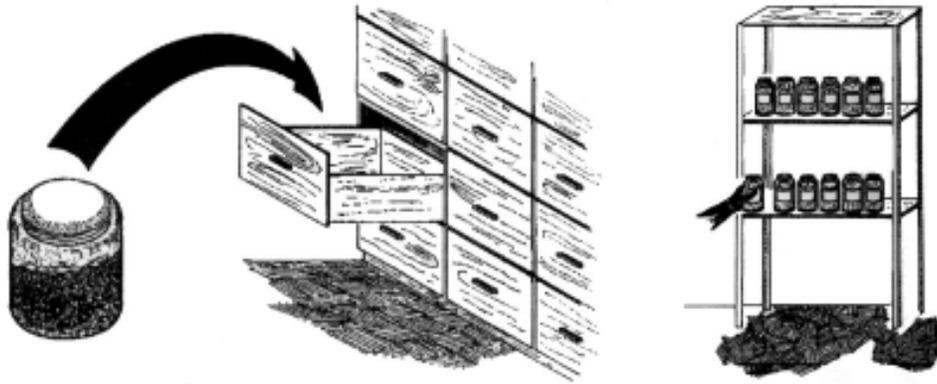


Fig. II.11 Opciones para almacenar los recipientes que contienen a las semillas.

Para 5kg de semillas se requiere incorporar 1kg de silica en una bolsa de tela de algodón. Si la apertura de las cajas es muy frecuente, es necesario revisar la coloración que presenta la silica gel, que cambia de azul a rosa cuando está saturada de humedad. Esta coloración indica que es necesario cambiarla por desecante seco.

La silica puede ser secada al horno a una temperatura de 175°C, se enfría en un recipiente cerrado y posteriormente se regresa a la caja de metal que contiene las semillas. En estas condiciones las semillas tenderán a mantener el equilibrio con la silica a una humedad relativa del 45%, lo cual es deseable para conservar la longevidad de las semillas por 2 ó 3 años.

Las cajas de metal tienen otras ventajas como ser fáciles de apilar y acomodar en sitios pequeños, ser impenetrables a los incendios y roedores, y que sólo requieren de inspección periódica para corroborar que la silica gel permanezca azul (Figura II.12).

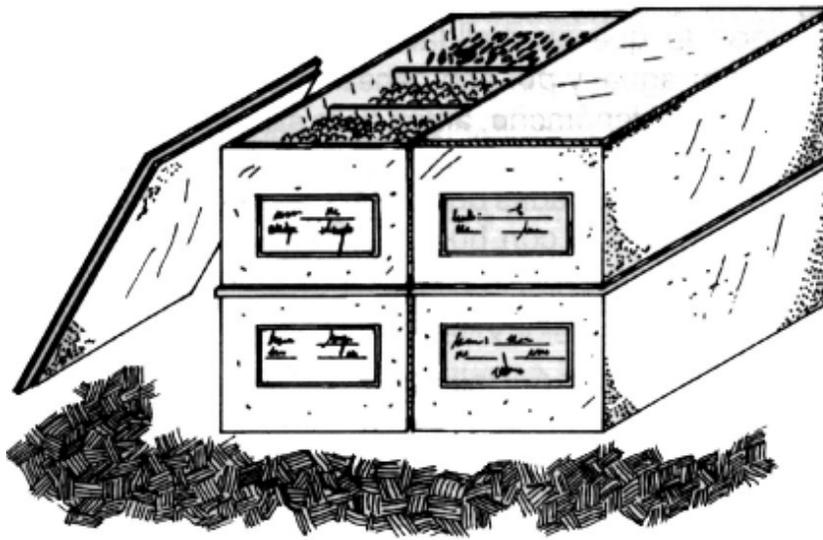


Fig. II.12 Cajas metálicas para almacenamiento de semillas.

Para facilitar la manipulación de las semillas y tener un control de existencia de cada una de las especies, cada caja deberá tener una etiqueta que contenga el nombre de la especie (científico y común) lugar, fecha de colecta y de almacenamiento.

El lugar donde se pongan las cajas de metal o recipientes que contengan las semillas debe presentar las siguientes características:

- Tener una estructura y lugar especial para las semillas almacenadas.
- Aislar las semillas de lugares en los que haya comida.
- No almacenar semillas en lugares donde exista maquinaria, plantas secas, paquetes de bolsa, o algún otro tipo de objetos donde los insectos y roedores puedan ocultarse.

-La construcción en donde se guarden las semillas debe ser fresca (entre 20-25°C), oscura y seca (17, 19).

Aunque la viabilidad de las semillas se mantiene exitosamente en condiciones de deshidratación, hay 2 situaciones que deben ser tomadas muy en cuenta: Considerar que las semillas secas son más fácilmente dañadas por la manipulación que pueda presentarse en el transporte y siembra, y mencionar que el inicio de la germinación en semillas que han sido almacenadas es más lenta que en aquellas que se siembran con altos contenidos de humedad.

El retraso de la germinación no debe interpretarse como pérdida de viabilidad o vigor: lo que en realidad sucede es que las semillas secas necesitan recuperar agua, y por eso necesitan más tiempo para germinar.

Para contrarrestar el fenómeno, antes de la siembra las semillas deben ser rehidratadas a contenidos de humedad que no dañen la viabilidad. En caso de que vayan a ser transportadas por distancias largas, es ideal rehidratarlas y mantenerlas en equilibrio con humedad relativa del 65%, con lo que se reducen los daños por transporte y se incrementa la germinación, sin dañar a las semillas por hongos o calentamiento (17).

6 LATENCIA Y TRATAMIENTO PREGERMINATIVOS

Como ya lo mencionamos, una de las diferencias más importantes entre las semillas otodoxas y las recalcitrantes es la presencia o ausencia de periodos de latencia.

Se dice que una semilla se encuentra en estado de latencia o letargo cuando, siendo viable, no germina, aun con condiciones adecuadas de agua, oxígeno y temperatura (14).

La latencia ha sido considerada como un fenómeno ligado a la semilla desde el momento en que se separa de la planta madre, pero no siempre se genera antes que la semilla sea dispersada, sino que puede presentarse después de la dispersión, cuando las semillas se encuentran sometidas a condiciones desfavorables para la germinación (21).

Debido a estas modalidades la latencia ha sido clasificada en Innata, Inducida y Obligada (22).

a) *Latencia innata o primaria*

Se presenta desde el momento en que las semillas se separan de la planta madre, evitando la germinación por un tiempo de duración variable después que la cosecha se ha realizado. Generalmente este tipo de latencia sólo desaparece cuando las semillas son expuestas a condiciones ambientales como sequedad o frío.

Entre sus causas más frecuentes se encuentran: el desarrollo incompleto de embrión, la carencia de ciertas sustancias químicas en el interior de la semilla que promuevan la germinación y que no dependen de factores externos a ella, la presencia de algunas sustancias químicas en el interior de la semilla que promuevan la germinación y que no dependen de factores externos a ella; la presen-

cia de algunas sustancias químicas en el interior de la semilla que impiden la germinación; la restricción física a la entrada de agua, gases, o al crecimiento del embrión, como es el caso de la presencia de testas duras o impermeables, y la combinación de varias de estas causas.

Esta latencia frecuentemente se presenta en semillas de especies de zonas templadas o áridas, donde es de vital importancia evadir el enfriamiento o desecamiento de la plántula en la época desfavorable (21).

b) Latencia inducida o secundaria

Se desarrolla después de la dispersión o cosecha en semillas que originalmente no eran latentes, o que ya habían salido, parcial o totalmente, de la latencia primaria (21). Para que ocurra son determinantes las condiciones del medio que rodean a la semilla, pues aun en condiciones adecuadas de suplemento de agua, la germinación no se presenta debido a la presencia de algún factor externo que es desfavorable para la germinación y establecimiento de la plántulas. Una vez que se ha desarrollado permanece por largos periodos, incluso cuando los factores que la propiciaron hayan desaparecido. Entre las causas más importantes de latencia inducida se encuentran las altas temperaturas y el suplemento inadecuado de oxígeno (14).

c) Latencia obligada

Es aquella que está determinada únicamente por la presencia de un factor en el medio que circunada a la semilla y que es completamente ajeno a ésta pero que impide su germinación (21). En este caso, la latencia de las semillas puede ser removida en el momento en que los factores limitantes desaparezcan. Entre sus causas más importantes se encuentran los altos contenidos de dióxido de carbono (CO²), carencia de luz y fluctuaciones de temperatura (14).

La presencia de latencia es una de las situaciones más importantes para que las semillas ortodoxas sean almacenadas por largos periodos.

En condiciones de almacenamiento las semillas se encuentran deshidratadas, por lo que es necesario rehidatarlas antes de la siembra, y una vez sembradas realizar un suministro continuo de agua. Sin embargo puede suceder que aun y cuando esto se realice, germinen pobremente o bien no lo hagan. Esto indica que se encuentran en estado de latencia y que requieren la presencia de algún factor que la remueva.

Evidentemente la remoción de la latencia requiere de pruebas y ensayos que permitan inferir qué tipo se presenta y cuáles son los factores que la puedan romper, que pueden variar en cada una de las especies que se desee propagar. Sin embargo, a partir de una serie de criterios básicos generales –como el tamaño y estructura de las semillas, época de dispersión y características del medio natural donde generalmente se encuentran las especies- se puede inferir qué tipo de tratamiento pregerminativos se requieren para que la germinación se presente.

En cuanto a la época de dispersión de las semillas se puede decir que cuando se realiza alejada de la época de lluvias (en las secas) y/o, en temperaturas extremadamente frías o cálidas, generalmente se presentan periodos de latencia prolongados, porque las semillas requieren esperar las condiciones ambientales propicias para la germinación y establecimiento seguro de las plántulas. En contraparte, las especies que forman parte de la vegetación madura (en sitios no perturbados), generalmente producen semillas que no tienen periodos de latencia, probablemente debido a que las condiciones del medio que se presentan en los habitats no perturbados son más estables y predecibles, por lo que no es necesario que las semillas esperen un periodo propicio para germinar.

Asimismo, las especies de habitats no perturbados producen cotidianamente frutos que contienen semillas en número escaso (casi siempre una) y de gran tamaño, y por el contrario aquellas que colonizan habitats perturbados producen abundantemente pequeñas semillas latentes por fruto, a excepción de las que presentan testa dura (*ver Latencia por testa dura*).

A continuación citamos una serie de ejemplos que pueden auxiliar en la detención de latencia y en la aplicación de tratamientos para removerla.

- Las semillas de manzano presentan latencia innata por inmadurez del embrión. La maduración se puede lograr cometiéndolo las semillas a temperatura de 5°C después de que han sido hidratadas (21). El requerimiento de bajas temperaturas se explica porque en condiciones naturales las semillas son dispersadas en época fría, lo que permite que al terminar el invierno el embrión haya madurado y la semilla esté lista para germinar al término de esta época.

- Semillas de *Veronica arvensis*. Es una hierba típica de ambientes estacionales, requiere un periodo de desecación de por lo menos 15 días para alcanzar altas capacidades de germinación. Esto se explica porque en condiciones naturales sus semillas permanecen latentes en el suelo, evitando la época calurosa y seca del año, y germinan cuando se presentan lluvias (21).

- Semillas que presentan testa dura o impermeable. Es el caso de muchas leguminosas que requieren de fluctuaciones de temperaturas elevadas, o bien de algún mecanismo físico que ocasionalmente ocasione un daño en la testa de la semilla y posibilite así la entrada de agua para la germinación. Generalmente son de hábito colonizador y/o arvense, es decir que pueden establecerse en sitios sin vegetación donde las fluctuaciones de temperatura en el suelo son muy marcadas y que pueden presentar factores físicos como suelos rocosos o arbustivos, y con perturbaciones recurrentes, naturales o artificiales, que dañen la testa de la semilla.

- Semillas de especies que suelen establecerse en medios sujetos a inundaciones recurrentes. Se ha observado que las semillas se dispersan en estado de latencia provocada por la presencia de sustancias químicas que inhiben la germinación. La germinación podrá presentarse una vez que

las semillas se sometan a lavados o flujos prolongados de agua que remuevan al inhibidor químico.

- Ejemplos de latencia obligada pueden encontrarse en muchas especies de hábito colonizador y/o arvanse. En estos casos la latencia se puede romper sometiendo a las semillas a fluctuaciones de temperatura (termoperiodo) y/o presencia de luz (fotoperiodo). El requerimiento de estos factores puede explicarse porque en condiciones naturales las semillas de estas especies se encuentran enterradas en el suelo, o bajo cubiertas vegetales muy densas, y la luz que llega al suelo es poco intensa e inadecuada, además de no presentarse grandes cambios en la temperatura del suelo. Estas características del medio indican a las semillas que las condiciones para la germinación y establecimiento no son las adecuadas (23).

d) Propagación de especies con semillas ortodoxas

Con la información vertida hasta el momento son evidentes las bondades que las semillas ortodoxas presentan para su manejo y propagación masiva de plántulas en vivero. Aunque la presencia de latencia es el elemento principal que permite que sean almacenadas, también es el principal obstáculo para su propagación masiva. Por ello es de gran importancia diseñar y general técnicas adecuadas para propagar especies nativas de manera sencillas y eficiente. En este contexto los tratamientos pregerminativos cobran una gran importancia, pues a partir de sus resultados se podrán inferir los requerimientos para que las semillas germinen exitosamente, además aportar los elementos básicos para delinear las técnicas de propagación masiva de especies nativas, factores fundamentales para echar a andar los programas de reforestación tan necesarios en nuestro país.

En el *Estudio de caso* se muestran los métodos utilizados para romper la latencia de semillas dada por testa impermeable. Asimismo, en el *Anexo 4* se reseñan algunas técnicas rudimentarias para romper diferentes tipos latencia en condiciones de vivero.

7 PRUEBAS DE VIABILIDAD DE LAS SEMILLAS

En el apartado anterior mencionamos algunos criterios para inferir el tratamiento pregerminativo a aplicar. En éste presentaremos algunas formas sencillas de evaluar la viabilidad de las semillas y la efectividad de los tratamientos pregerminativos aplicados. Evidentemente las pruebas para evaluar el éxito germinativo se tiene que realizar antes de la siembra masiva de las semillas en el vivero.

La estimación de la viabilidad es posible obtenerla mediante los tres métodos: Incisión del embrión, Tetrazolium y Pruebas de germinación.

Aunque los dos primeros no son tan confiables como el tercero, sí pueden proporcionar información cuando el tiempo es limitado (20).

A continuación reseñamos cada uno de estos métodos.

a) Incisión del embrión

La prueba se realiza por exposición o remoción del embrión, con esto se evita que las estructuras que lo envuelven promuevan la latencia de la semilla; ya desnudo el embrión, se pone a germinar para evaluar si es viable. Esta prueba es muy tediosa y requiere de tiempo, ya que muchas semillas necesitan de varios días para que su cubierta protectora se reblandezca y pueda ser cortada, para extraer al embrión. Usualmente los resultados pueden obtenerse en 20 días (20).

b) Tetrazolium.

Consiste en teñir los tejidos internos de la semilla, lo cual indica que está viva. Las semillas se reblandecen y cortan para permitir que el producto químico (Tetrazolium) se desplace al interior de las semillas, posteriormente se ponen a remojar en agua durante 2 hrs, para finalmente dejarlas remojando en la solución de Tetrazolium toda la noche.

c) Pruebas de germinación.

El objetivo fundamental de todos análisis de germinación es evaluar la potencialidad para germinar.

Tres aspectos fundamentales deben ser considerados para evaluar el éxito de la germinación de las semillas.

1) Capacidad de germinación.

Es el número de semillas que germinan en condiciones definidas (bajo un tratamiento específico por ejemplo), puede ser expresado en porcentaje (%) o en números absolutos.

2) Velocidad de germinación.

Como su nombre lo dice, evalúa la rapidez o tasa con que el proceso germinativo ocurre bajo un tratamiento dado.

3) Homogeneidad de germinación.

Señala qué tan sincrónica se presenta la germinación (24). Los resultados que se obtienen en cada uno de estos índices permitirán evaluar no sólo la viabilidad del lote de semillas, sino también la efectividad del tratamiento pregerminativo y el vigor de las semillas, elementos fundamentales para asegurar una producción exitosa. De no contemplar estos aspectos se pueden presentar fuertes problemas, además de afectar su planeación en el vivero debido a que en primera instancia, la irregularidad en la germinación ocasiona la obtención de plantas con tamaños distintos con el subsecuente problema al momento del trasplante, y en segunda porque se pueden requerir largos periodos para lograr la germinación, lo que incrementa los costos de producción.

Aunque se recomienda que estas evaluaciones se realicen en condiciones controladas de laboratorio, creemos que es conveniente realizarlas también en vivero, sobre todo si tomamos en cuenta que generalmente los resultados obteni-

dos en laboratorio rara vez son igualados por los de campo (idealmente se debería contar con ambos); aunado a que en nuestro país hay pocos laboratorios que se dediquen a realizar este tipo de pruebas en semillas (de especies nativas) que van a ser utilizadas en la reforestación.

A continuación reseñamos una serie de pasos que pueden ser puestos en práctica en vivero de manera sencilla, y que dan alguna aproximación del proceso germinativo. Evidentemente, todas las pruebas que se vayan a aplicar deberán realizarse con semillas puras.

- Hacer una almácigo con divisiones claras (compartimientos), que eviten que las semillas a sembrar (especies, tiempos de almacenamientos, tratamientos, y/o localidades distintas) se revuelvan.
- Humedecerlo perfectamente.
- Sembrar las semillas en el almácigo (previamente tratadas con el tratamiento pregerminativo elegido) considerando no menos de 100 semillas por tratamiento y en caso de contar con un buen número de semillas probar 200, considerando la importancia de aplicar testigos (semillas sin tratamiento) y réplicas.
- Anotar la fecha, día y mes, de la siembra.
- Regar diariamente el almácigo y revisar que no presente hongos, insectos, basura
- Una vez iniciada la germinación anotar la fecha y el número de semillas que germinan diariamente, hasta que la última haya germinado, o esperar de 1 a 3 meses, dependiendo el número de semillas que hayan germinado, para obtener la germinación diaria en el tiempo.
- Contar los días transcurridos desde el día de la siembra, hasta que la germinación de las semillas se inició; a esto se le conoce como Tiempo de Latencia (TL), y permite conocer la efectividad del tratamiento para romper la latencia de las semillas, además de presentar grandes ventajas, cuando se quieren comparar diferentes tratamientos sobre lotes de semillas de la misma especie.
- Sumar el número de semillas germinadas que se contaron diariamente y hacer una relación a porcentaje (%), para obtener la capacidad de germinación (CG%). La relación se hace de la siguiente forma:

$$CG\% = \frac{n \times 100}{N}$$

Donde:

n = número de semillas germinadas

N = número de semillas sembradas

Se considera una CG aceptable cuando presenta valores por arriba del 60%. Cuando la germinación esté por debajo de dicho valor se sugiere buscar otro tipo de tratamientos pregerminativos.

- Contar los días que se requieren para obtener el mayor número de semillas germinadas, a partir del primer día en que inició la germinación, para conocer el tiempo necesario para alcanzar el máximo porcentaje de germinación (TCG). Este índice permitirá inferir el vigor de las semillas, ya que se menciona que la mayoría de las que germinen después de este día no lograrán establecerse (20).
- Graficar todos estos índices para obtener una idea del éxito de la germinación en el tiempo.

Los resultados obtenidos de esta forma y su graficación permite inferir eficacia del tratamiento pregerminativo; tiempo en que las semillas deben sembrarse; número de semillas que deben sembrarse para obtener el número de plantas deseado; tiempo de espera para decidir si es necesario hacer resiembra, y qué uniformidad se tendrá en la edad y talla de las plántulas.

Evidentemente existen otros métodos de evaluación más precisos, sin embargo, consideramos que los mencionados dan un primer acercamiento que podrá generar una serie de propuestas para la propagación. Con la finalidad de mostrar su aplicabilidad, en el *Estudio de caso* para la propagación de especies nativas de una selva baja caducifolia, ejemplificamos numéricamente todo el proceso de evaluación y hacemos un resumen de resultados.

Una vez que se conoce cómo se obtiene la germinación óptima de las semillas en vivero, se está en condiciones de iniciar la siembra para la propagación masiva de las especies de interés.

Obviamente el número de semillas a sembrar estará en función de la demanda de plantas que la reforestación requiera, por lo que se debe determinar la cantidad de semillas necesarias para la siembra con base en la viabilidad del lote, sus características germinativas, peso y dimensiones.

Dos métodos complementarios, sencillo y de gran utilidad para calcular el número de semillas a sembrar y el número plántulas susceptibles de obtener, son la determinación del número de semillas por kilogramo y la determinación del número de semillas viables por kilogramo. Ambos métodos son útiles para determinar la cantidad de semillas y plántulas necesarias para reforestar un área deseada. En los Anexos 5 y 6 se ejemplifican numéricamente.

Con la información vertida hasta el momento, es claro que la propagación masiva de especies nativas es una tarea laboriosa, que requiere de varios ensayos que involucren el control de todos los aspectos mencionados, pues del éxito que se obtenga en la propagación de las plántulas, dependerá que la reforestación pueda realizarse en el tiempo y metas planteadas.

8 MÉTODOS DE CULTIVO

Antes de iniciar la siembra de semillas en el vivero es necesario tener claro cuál es el método de cultivo que se usará, pues su elección está directamente relacionada con su desarrollo y manejo, tanto en el vivero como en los sitios de plantación.

Los métodos de cultivo en vivero se dividen en Cultivo a raíz desnuda, utilizando camas de crecimiento (camellones), y cultivo en envases de crecimiento, utilizando tubos o bolsas de polietileno. Ambos se pueden realizar por medio de la siembra directa de las semillas u obteniendo las plántulas a través de almácigos (semilleros), para posteriormente trasplantarlas a los envases o a las camas de crecimiento.

Cada uno de estos métodos tienen sus particularidades. A continuación mencionaremos las ventajas y desventajas del cultivo en envases de crecimiento en comparación con el cultivo a raíz desnuda, con el propósito de que el lector tenga los elementos necesarios para elegir la técnica de cultivo que más se ajuste a sus necesidades.

Cultivo en envases de crecimiento. Ventajas y desventajas.

- Los criterios de selección del sitio para producir las plantas son menos exigentes que para raíz desnuda. Esto se debe a que su desarrollo es independiente de la calidad del subsuelo, que no es utilizado por las raíces.
- La operación en el vivero es más accesible y requiere menos tiempo dado que el cultivo a raíz desnuda implica mayor trabajo, por otra parte el combate de enfermedades es más sencillo pues las plantas no están en contacto directo entre ellas.
- El sistema radicular está protegido, por ello al momento de realizar la plantación la crisis del trasplante es menos severa, pues se mantiene intacta la raíz, en ningún momento expuesta al sol o a la desecación: además el contacto original de la raíz y el suelo no se pierde, lo que facilita el rápido enraizamiento y favorece el establecimiento y crecimiento inicial de las plantas; en sentido contrario, cuando la producción se hace a raíz desnuda puede haber pérdida de partes de la raíz al ser trasplantadas, se pierde el contacto original raíz-suelo y las raíces están expuestas al sol y la desecación.
- Las condiciones de crecimiento pueden ser mejor controladas, por esto, se tienen mayores posibilidades de normalizar la producción y de optimizar las condiciones de crecimiento, pues el acceso de agua puede ser mayor y los requerimientos de nutrientes aplicarse por vía externa más fácilmente.
- La producción de plantas puede ser más rápida, de mejor calidad y homogeneidad de tallas, ya que los problemas de densidad y condiciones marginales que se dan en los camellones no se presentan en los envases; por ello, el tiempo de estancia en el vivero es menor al ser más rápido el crecimiento inicial de las plántulas en los envases.
- La mayor flexibilidad en la producción favorece la extensión del periodo de plantación, ya que la planta tiene la capacidad para soportar algunos días de sequía después de su trasplante en la cepa.
- La sobrevivencia de las plántulas en los sitios de plantación con suelos desnudos es alta. Además, bajo condiciones severas de estrés hídrico, las plantas crecidas en envases funcionan mejor que las de raíz desnuda.

- Los envases son muy efectivos cuando se trabaja con pocas semillas pero de alta calidad, especialmente si son de fuentes genéticas mejoradas, pues se reducen los riesgos que se corren en los camellones.
- Son muy adecuados para la producción vegetativa a gran escala de especies mejoradas (ver propagación de especies recalcitrantes):
- El método es muy conveniente sobre todo para especies con tasas de evapotranspiración fuerte (especies con hojas grandes).
- El lote de semillas para ser usado en los contenedores debe ser de alta velocidad, homogeneidad y capacidad de germinación, pues de lo contrario se desperdician los envases en donde las semillas no germinan.
- Pueden presentarse problemas de desbalance nutricional debido a que el crecimiento de las plantas es más rápido.
- Si el tamaño y la forma del envase no son los adecuados se corre el riesgo de un desarrollo radicular defectuoso. Las raíces pueden aparecer en espirales o curvas en las bolsas y quedar como pegadas a la mota de la tierra aun después de quitar la bolsa. La estabilidad del arbolito está alterada por estas malformaciones y aún después de varios años los estrangulamientos de la raíz marchitan a la planta.
- La producción en envases es más costosa que la de raíz desnuda, pues el precio de la bolsa generalmente es irrecuperable. Además, los costos se incrementan porque el transporte es más complicado, dado que los envases son voluminosos y pesados.
- De acuerdo con el aspecto anterior, las plantas suelen trasplantarse con talla menor que las de raíz desnuda, por ello se requiere mayor cuidado y preparación del sitio de plantación, sobre todo si la competencia de herbáceas es alta.
- Hay riesgo de mortalidad elevada en toda la plantación, aun después de varios años, si no se quita la bolsa en el momento de la colocación de la planta en la cepa.

Las ventajas ya descritas se pueden perder si falla el linaje o calidad del lote de semillas, el medio de enraizamiento, el tipo de contenedor, las prácticas de cultivo y manejo en vivero, la preparación de las condiciones del sitio de la plantación y la época de realizar la plantación (25, 26, 26, 28, 29,39):

Una vez que el viverista ha tomado en cuenta los criterios anteriores, está en condiciones de iniciar la siembra de semillas para obtener las plántulas. Como dijimos al inicio de este apartado, la obtención podrá ser a través de la siembra directa de la semilla en los camellones o envases, o por medio de su siembra en almácigos, para posteriormente trasplantarlas a las camas o envases de crecimiento. Aunque ésta última técnica no es la más recomendable, dado que generalmente se presenta pérdida de plántulas debido a la crisis del trasplante, si éste no se hace en el momento adecuado (lo cual es difícil de conocer con exactitud), y por otra parte los costos de mano de obra se incrementan; consideramos nece-

sario darle al viverista las opciones que lo faculten en la toma de decisiones que más le acomoden de acuerdo a sus recursos e infraestructura.

A continuación reseñamos los requerimientos de las distintas formas de obtener plántulas en vivero.

a) Mezclas de suelo y medios de germinación

Aunque existe una gran variedad de mezclas y medios de germinación, manifiesta también en sus costos, es importante que en la elección se tomen en cuenta los siguientes aspectos:

- El material debe tener suficiente consistencia para mantener la semilla en su sitio.
- No debe presentar fuertes cambios en su volumen cuando éste seco o húmedo.
- Tener buena retención de humedad
- Ser suficientemente porosos para que se presente un drenaje adecuado del agua y la aereación del suelo sea favorable.
- No presentar niveles excesivos de salinidad.
- No debe contener malezas, hongos, nematodos u otros organismos patógenos.
- Conservar sus características físicas y químicas al esterilizarse con vapor o productos químicos.

En el *Anexo 7* se detallan los tratamientos para esterilizar el suelo (11). Como el lector podrá darse cuenta, los requisitos que el medio de germinación presenta son similares a los mencionados para las camas de crecimiento. En el *Anexo 1* se explica su importancia.

A continuación presentamos los medios y mezclas de germinación más comunes.

1) Vermiculita.

Es un silicato hidratado de magnesio, aluminio y hierro. Es un medio liviano y con una gran capacidad de absorción de agua, contiene suficiente magnesio (mg + +) y potasio (k+) para satisfacer la demanda de la mayoría de las plantas. No debe comprimirse cuando se encuentre mojada, pues su estructura porosa se destruye (11).

2) Perlita.

Es un material de origen volcánico, con pH neutro y diámetro de partícula de 1.5 a 3.1 mm. Tiene la capacidad de retener agua de 3 a 4 veces su peso (1).

3) Aserrín y Viruta.

Ambos son desechos o subproductos de aserraderos y talleres de carpintería. Generalmente se les utiliza en mezclas de suelo para aumentar su capacidad de retención de agua (1).

4) Turba y Vermiculita.

Es por excelencia uno de los medios de germinación y crecimiento más adecuados, se utiliza en proporción 1:1 y la única desventaja es su costo (26, 28, 29).

5) Turba y aserrín.

Al igual que el medio anterior es idóneo para la propagación de plántulas, se utiliza en proporción 1:1, y sus costos también son elevados (31).

6) Mezcla de suelo.

Por lo accesible de sus costos, normalmente el suelo de bosque o monte compuesto con otros materiales es el medio de germinación más usado en los viveros. Las mezclas más utilizadas son las siguientes: i) 1 parte de arena de río y 2 partes de tierra de bosque o monte, ii) 1 parte de arena, 2 partes de tierra de bosque y 1 parte de aserrín (11).

b) Almacigos.

Un semillero o almacigo es una cama de suelo preparado para efectuar siembras. Su finalidad es facilitar la germinación de las semillas y cuidar a las plántulas hasta que aparezcan las primeras hojas. De acuerdo con la permanencia del vivero (temporal o permanente) y la disposición de espacio éstos pueden ser temporales o permanentes.

Los semilleros temporales pueden establecerse acondicionando las platabandas o construyendo bordos de tierra sobre el terreno (11). Esta actividad se puede llevar a cabo siempre y cuando se tomen en cuenta las características que el suelo debe tener (ver Anexo 1).

Los semilleros permanentes se construyen sobre el terreno y pueden ser de concreto, tabique o madera. El tamaño recomendable es de 1.20 m de ancho (medición interior) y de 80 cm a 1 m de alto, el largo irá de acuerdo con las necesidades de producción (11). Las capas y materiales del semillero se pueden formar de la siguiente manera (de la base del suelo hacia arriba, (Figura II.13).

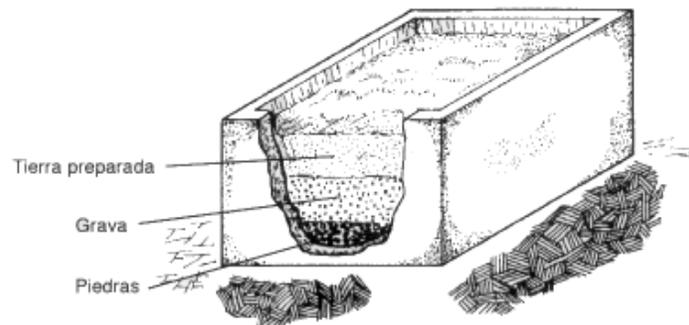


Fig. II.13 Semillero permanente.

1era capa – 30 cm de piedras de aproximadamente 10 cm de diámetro.

2ª capa – 30 cm de grava de aproximadamente 3 cm de diámetro.

3era capa – 30 cm de tierra preparada (ver medios y mezclas del suelo) perfectamente desinfectadas y cribada.

Se deben dejar 10 cm de espacio libre, para facilitar el riego y el manejo de plántulas.

Para proteger a las plántulas contra los rayos directos del sol, heladas, lluvia y los pájaros, se recomienda construir una sombra que cubra el almácigo, similar a la descrita para las platabandas (*Anexo 1*).

c) Formación de camas de crecimiento (cultivo a raíz desnuda)

Esta técnica de propagación ha sido muy poco usada en nuestro país para obtener plantas que se usarán en la reforestación, aunque algunos viveros privados la utilizan para plantas de ornato y frutales. Las condiciones del terreno juegan un papel decisivo en el éxito de la producción, pues las plantas se desarrollan directamente sobre el suelo del vivero, por ello es importante contemplar cuidadosamente todos los aspectos que se manejan en el *Anexo 1*, dado que en este apartado sólo se hará un pequeño resumen y se abundará en la formación de las camas de crecimiento.

Después de nivelar el terreno, instalar los sistemas de riego y distribuir los caminos en el vivero es recomendable determinar las condiciones físicas y químicas del suelo en donde se establecerán las camas (32).

De las condiciones físicas, la compactación es el problema más común. Cuando se presenta, para mejorar el drenaje se recomienda aplicar un subsoleo o la incorporación de abonos verdes que presenten un sistema de raíces fibrosas, esta opción además de mejorar las condiciones, incrementa significativamente su contenido de materia orgánica (32).

De las condiciones químicas, la fertilidad y el pH son los más importantes. Para decidir sobre la primera se requiera cuantificar los nutrientes minerales presentes: fósforo, potasio, calcio y magnesio. Si éstos se encuentran por debajo de los rangos normales de fertilidad de la zona será necesario fertilizar las camas antes de su formación.

En cuanto al pH el rango más recomendable es el cercano a la neutralidad (pH= 6.5 a 7.5), sin embargo, este valor dependerá de las condiciones en que suelen crecer de modo natural las especies a propagar. Cuando el valor no está dentro de los rangos requeridos es recomendable ajustarlo antes de la siembra (32). Para disminuir el pH (hacerlo ácido) se recomienda el uso de azufre y para aumentarlo (hacerlo básico) lo idóneo es la cal.

En la preparación del sustrato de las camas también se debe prevenir la incidencia de malezas y patógenos del suelo, por lo que es recomendable su fumigación (ver *Anexo 7*). En caso de usar bromuro de metilo y que se requiera aplicar azufre para corregir el pH, se sugiere que este último se aplique después de la fumigación, para evitar que reaccionen ambos compuestos (32).

Una vez que se ha fumigado el terreno se barbecha en invierno, para que en la primavera, cuando el suelo ya está seco, se pueda trabajar.

La formación de las camas se hace removiendo el suelo por medio de labranzas (mecánica, animal o manual) que roten el suelo. El ancho de la cama se define por el trazado de líneas rectas paralelas y su espesor debe ser de 7.5 a 15 cm, con el objeto de mejorar la eficiencia en el drenaje y mantener la temperatura del suelo con una mínima variación. El ancho más usado en éstas es de 1.22 m y el espacio entre camas es de 61 cm. Asimismo, se recomienda que el número de camas entre líneas de riego (cuando este sistema es fijo) sea de 6 m y la distancia entre líneas de riego sea de 12.20 m. Sobra mencionar que previo a la formación de las camas el suelo de éstas debe estar fumigando, fertilizando y suelto (32) (Figura II.14).

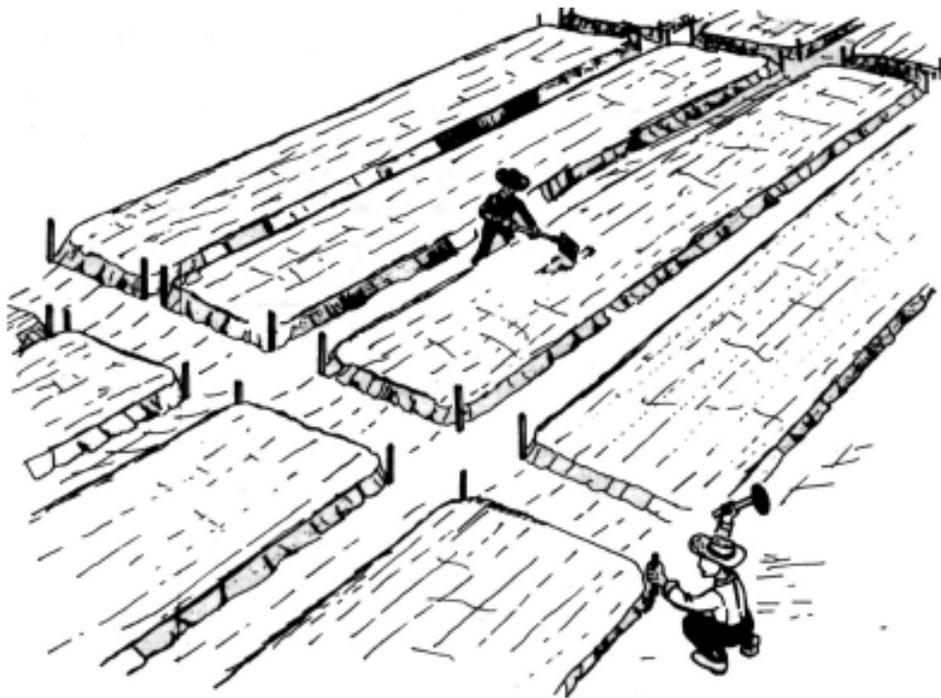


Fig. II.14 Construcción y disposición de camas de crecimiento

d) Envases o contenedores de crecimiento

Uno de los métodos más comúnmente usados en México para propagar plantas, no sólo de reforestación sino también de especies frutales y ornato, son los envases de crecimiento (bolsas o tubos de plástico de polietileno negro). De su tipo y

dimensiones depende en buena parte el desarrollo adecuado de las plantas, así como una fácil cuantificación del volumen de mezcla de suelo necesario.

El volumen del envase determina la talla de las plantas que podrán crecer en él, y su forma dispondrá que se produzca un sistema radicular sin enrollamientos, favorable al establecimiento de la plantación. En esta elección se tiene que considerar las características del sitio donde se establecerá la reforestación y el tiempo que permanecerán las plantas en el vivero, pues se tiene que asegurar que el sustrato para las plantas sea suficiente durante su estancia (28, 29).

1) Preparación del medio de crecimiento para los envases

Para empezar sugerimos hacer un sondeo de la tierra que fue acarreada, para saber si tiene o no deficiencias y tratar de solucionarlas antes de ser utilizada (ver Anexo 1), pues de lo contrario puede detenerse el crecimiento de la planta cuando agote las reservas de la semilla.

La tierra utilizada para llenar los envases debe reunir las siguientes características:

- Tener buen nivel de fertilidad, es decir, abundante materia orgánica (notándose esto por su coloración oscura), bajo peso específico, pH adecuado y alta capacidad de intercambio de cationes.
- Estar exenta de materia orgánica sin descomponer (no mineralizada).
- Tener textura liviana para facilitar el drenaje y la aereación radicular.
- Estar cernida (cribada en tela de alambre de 3-4 mallas/pulgada), para evitar piedras, terrenos, raíces, etcétera.
- En caso de ser necesario, desinfectarla con bromuro de metilo (ver Anexo 7).
- Si es posible, hacer una inoculación del medio (microrrizas o bacteriorrizas).
- La fertilización química se aplicará únicamente si el análisis de suelo detecta deficiencias, o bien si se nota un crecimiento raquíptico en las plántulas. Es difícil sugerir una dosis, ya que esto varía en función de los requerimientos que cada especie de planta demanda. No obstante se ha encontrado que en los periodos juveniles de crecimiento hay una mayor demanda de nitrógeno, fósforo y potasio en una proporción 3:3:1 respectivamente (11, 28,30).

2) Preparación de los envases

Una vez que se tienen controladas las condiciones de fertilidad del medio de crecimiento, éste debe ser acarreado al sitio destinado para el envasado. El área de envasado consta de una mesa que sirve como depósito de tierra, la que en uno de sus extremos debe tener una rampa lo suficientemente amplia para subir las carretillas con tierra, esto facilitará que el depósito se encuentre siempre lleno, y un techo o palapa para proporcionar sombra a las personas que desarrollen el trabajo de envasado. En la Figura II.15 (área de envasado) podemos observar las di-

mensiones y estructura de la mesa de envasado (11). En caso de no contar con los suficientes recursos económicos, podemos substituir esta estructura por una sombra o techo en el sitio donde la tierra se encuentra acumulada; el llenado de los envases de podrá realizar sobre el piso (Figura II.16). La ubicación de esta área al interior del vivero debe presentar buena accesibilidad para facilitar la entrada y salida del material.

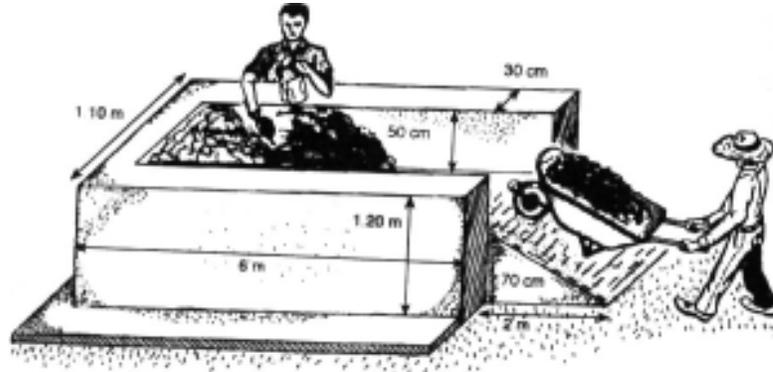


Fig. II.15 Área de envasado



Fig. II.16 Envasado rústico

El siguiente paso es la elección del envase. Existe una gran variedad de modelos y materiales, aunque en nuestro país lo más accesible son las bolsas o tubos negros de polietileno, ambos son funcionales si se manejan adecuadamente. Como este tipo de envases son de paredes rígidas e impenetrables por las raíces, se recomienda que no presenten pestañas o costuras internas que puedan deformarles (28). Los diámetros de los contenedores plásticos varían desde 5 hasta 20 cm y en altura de 15 a 30 cm, las dimensiones comúnmente usadas para especies forestales en los viveros son 5, 8 y 10 cm de diámetro por 15 cm de altura

(11). No obstante esto, su elección deberá estar en función de las condiciones del sitio a reforestar (Figura II.17). Por ejemplo, se sugiere usar contenedores de dimensiones mayores cuando las condiciones del sitio sean difíciles, como el suelo muy deteriorado, fuerte competencia de hierbas, o cuando se requiere obtener plantas de mayor talla y/o el tiempo de estancia en el vivero es largo, y si las especies muestran un mayor crecimiento en la raíz que en el vástago.

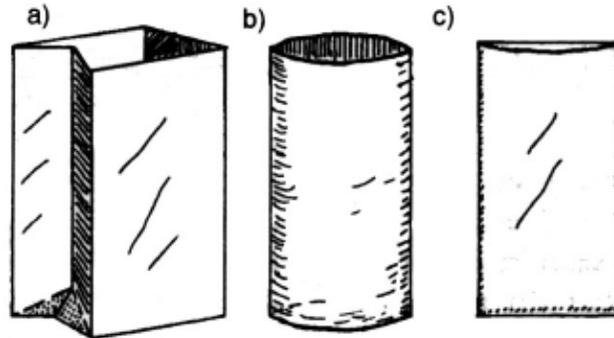


Fig. II.17 Tipos de contenedores de plástico. a) bolsa con tuello; b) tubo de polietileno; y c) bolsa de costura lateral.

Ya decidido su tamaño, los envases pueden ser descubiertos en su parte inferior (tubo) o cerrados (bolsa), en estos últimos es necesario hacer perforaciones en su base y paredes con la finalidad de lograr un buen drenaje. Para esta acción conviene usar perforadoras manuales que tengan buena capacidad para perforar varias a la vez (Figuras II.18 y II.19).

Después se procede a llenar los envases manualmente con la mezcla de suelo, que debe estar lo bastante húmeda como para no soltar polvo, pero sin que el sustrato se haga maciso. Si los envases son cerrados es necesario que conforme se vayan llenando se golpeen ligeramente varias veces en su base contra el piso o la mesa, para favorecer un llenado adecuado, dejando de 2 a 3 cm en la parte superior del envase sin tierra, para que al ser regado el agua se acumule y no escurra.

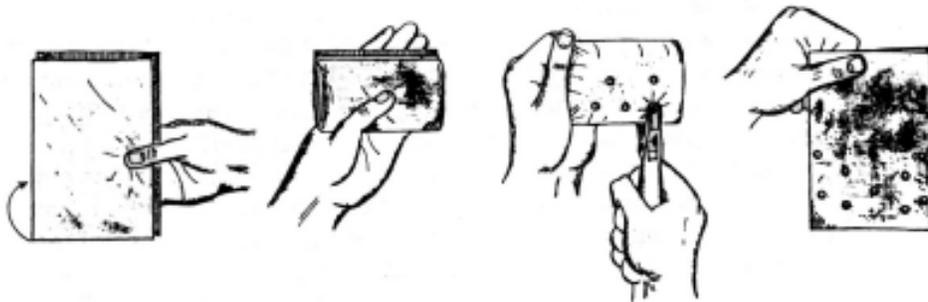


Fig. II.18 Peforado de bolsa manual.

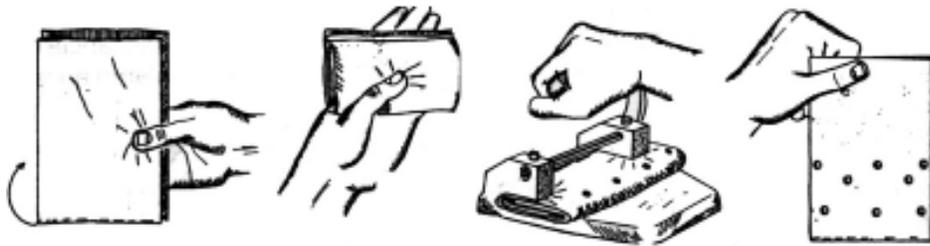


Fig. II.19 Perforado manual para varias bolsas.

En caso de usar tubos de polietileno, para evitar que se descalcen (el medio de crecimiento se salga) y que los envases se doblen al colocarlos en las platabandas, es necesario apretar la tierra en la parte de abajo (aprox. $\frac{1}{4}$ del total del envase); una manera de conocer lo apretado de ésta es agitar fuertemente el envase y ver si la tierra, que no debe caer, cae. El resto del envase ($\frac{3}{4}$) se llena con tierra que se apretará con su propio peso, siguiendo las recomendaciones antes descritas. Asimismo, para producir un cultivo uniforme, los envases deben llenarse con el mismo medio de crecimiento y el mismo nivel (44, 22) (Figura II.20).

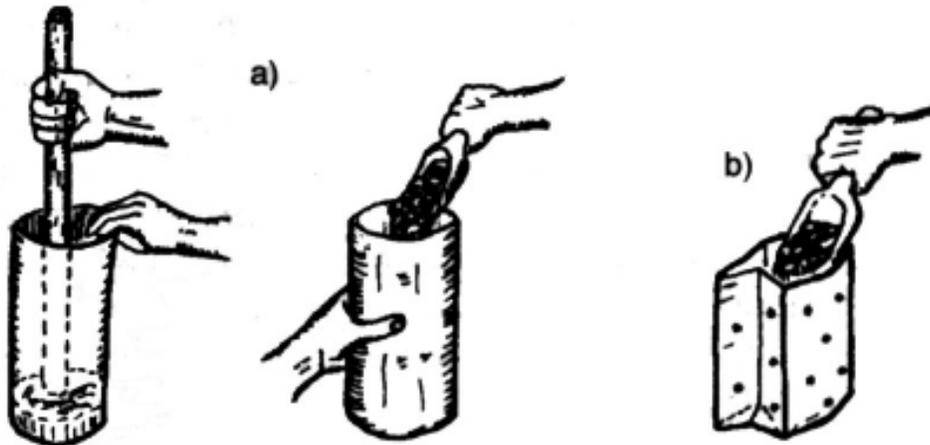


Fig. II.20 Llenado de envases a) Tubo de polietileno; y b) Bolsa con fuelle.

9) SIEMBRA DE LAS SEMILLAS

Cuando la obtención de plantas se hace por la siembra directa de las semillas a los envases o camas de crecimiento, el éxito depender del linaje o calidad del lote de semillas, época y profundidad en que la siembra se realice y de la densidad de siembra, en el caso de usar camas de crecimiento. Todos estos criterios también deben considerarse para la siembra en almácigos.

La calidad del lote de semillas es importante, pues de ello depende el número de semillas a sembrar y la homogeneidad en tallas. De no contemplar este aspecto adecuadamente los costos se incrementan, pues se pueden presentar retrasos en la producción, requiriéndose mayor tiempo de estancia en el vivero y desperdi-

cios de los envases que queden vacíos por problemas en la germinación de las semillas.

La época de siembra depende de las características propias de las plantas a propagar y el clima de la región, así como de otros aspectos que son completamente operacionales. Se recomienda que la siembra se realice durante la primavera o un poco antes, cuando no se presenten riesgos de heladas; además, las temperaturas cálidas favorecen la germinación y el crecimiento de las plantas. Si los inviernos son benignos o las especies por cultivar son resistentes a las bajas temperaturas, la siembra se puede hacer en otoño. Las semillas germinan antes de los fríos, alcanzando tallas que les permitirán soportar el invierno (11).

a) Siembra en semilleros.

Una vez preparado el semillero, antes de iniciar la siembra el medio de germinación se nivela y humedece perfectamente hasta alcanzar su capacidad de campo. Posteriormente se inicia la siembra de las semillas, ya sea trazando surcos o bien al voleo, aunque ésta última no es muy recomendable.

Para evitar debilidad en las plántulas y pérdidas de semillas por enfermedad, como el “mal del semillero” (Damping-off), es recomendable una densidad de 3000 plántulas por m².

Si la siembra se hace al voleo recomendamos uniformizar las semillas en al almácigo, las semillas pequeñas conviene mezclarlas con arena fina para uniformizar su distribución.

Se debe tener especial cuidado en la profundidad de siembra a que se colocará la semilla, si ésta no se entierra a la profundidad adecuada la germinación y la velocidad con que ocurre puede retratarse (siembra muy profunda), o bien quedar expuesta a la desecación (siembra superficial). Como regla general se recluye la semilla a una profundidad de dos a tres veces su tamaño (11) (Figura II.21).

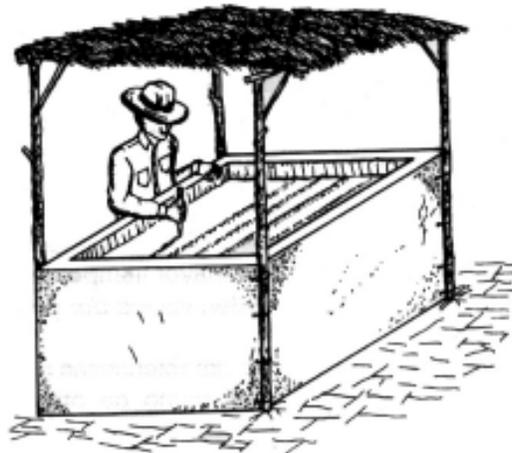


Fig. II.21 Siembra de semillas en almácigo

b) Siembra en camas de crecimiento

La profundidad de siembra es crucial para lograr la uniformidad en el cultivo de las plántulas. Depende, como muchos otros parámetros, de la formación correcta de las camas de crecimiento y de las condiciones del suelo. Por ejemplo si una cama pierde la pendiente que se le dio al formarla, la profundidad variará considerablemente de una línea a otra, e inclusive en la misma hilera, y puede reducir la germinación, retardar el crecimiento y evitar la uniformidad en el cultivo.

El método de siembra más utilizado es poner las semillas en línea a una profundidad aproximada de 4 ó 5 cm. Para lograrla, se colocan las semillas en la superficie de la cama de crecimiento y luego se cubre con 4 ó 5 cm de arena (32).

La densidad de siembra en las camas depende de las características de las plantas que se desea obtener y de los costos de producción. Se sabe que conforme la densidad aumenta, se presenta disminución en el vigor. Una densidad recomendable es de 108 a 215 plantas/m², cuidando que el esparcimiento entre ellas sea uniforme. Este rango no afecta ni al diámetro del tallo ni a la proporción raíz-vástago (32).

Para determinar la densidad adecuada en las camas, se debe conocer el diámetro que las plantas alcanzan bajo densidades específicas y el diámetro que se desea obtener al final del cultivo. Por otra parte también se tiene que estimar el porcentaje de plantas que se quiere obtener por cama, con base en el número de semillas viables que se siembran, con la finalidad de obtener el porcentaje de rendimiento aceptable de plantas que reúnan ciertas dimensiones específicas. El porcentaje de rendimiento puede determinarse al escoger una densidad que reporte el máximo número de plantas manejables por m², con las características deseadas al menor costo (32).

c) Siembra en envases de crecimiento

Previo a la siembra de las semillas, el sustrato de las bolsas debe estar perfectamente húmedo (capacidad de campo). La siembra individual de las semillas se hace siguiendo los criterios mencionados para los semilleros, cuidando la profundidad de siembra (Figura II.22).

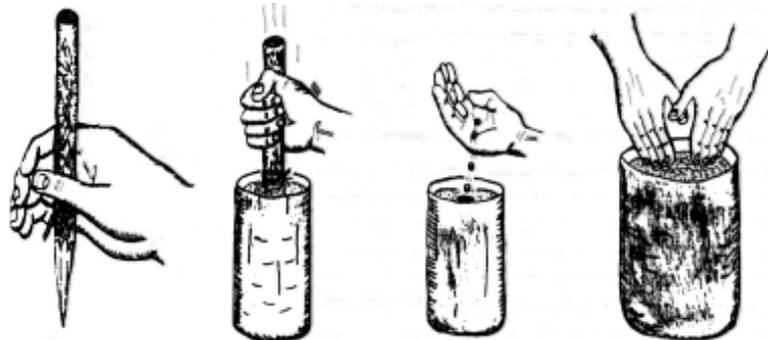


Fig. II.22 Siembra de semillas en bolsas.

Un método recomendable que asegura profundidades homogéneas y adecuadas, sobre todo para semillas muy pequeñas, es el siguiente: las semillas se siembran superficialmente y se cubren con materiales de textura rugosa como arena fina o perlita, para evitar que se muevan y queden expuestas.

Como ya dijimos, para este caso la calidad del lote de semillas es determinante, pues si la capacidad, velocidad y homogeneidad de germinación no es buena, se corre el riesgo de que numerosos envases queden vacíos y se desperdicien. Aunque idealmente la siembra directa de las semillas en los envases de crecimiento se recomienda para lotes con altas capacidades de germinación, muy cercanas al 100%, estos restringe su operatividad por lo que se puede contrarrestar el problema siguiendo el siguiente criterio: si el lote de semillas no presenta una capacidad de germinación por arriba del 80%, se siembran de 2 a 3 semillas por bolsa. Esto incrementa los costos en mano de obra, ya que se requiere seleccionar las plantas en las bolsas, pues únicamente deben permanecer una plántula, pero asegurar el número de plantas necesarias. Por otra parte esta última decisión es más recomendable que el trasplante de plántulas por medio de semilleros.

10 TRASPLANTE

El objeto del trasplante es disminuir la competencia que existe en la siembra; aumentar el espacio vital entre las plantas jóvenes; desarrollar el sistema radicular, particularmente las raicillas (peludo), una vez que la raíz vertical se ha formado después de la germinación; favorece el acceso a los elementos nutritivos; formar muchas ramificaciones radicales, pues el crecimiento en altura está disminuido, y posibilitar el transporte y acomodamiento en su lugar (30).

El trasplante se efectúa rápidamente después de la germinación, apenas se desarrollen algunas hojas o agujas. Desde cualquier punto de vista es preferible realizando prematuramente, pues con ello se garantiza una buena recuperación, lo que elimina la posibilidad de un detenimiento pasajero del crecimiento (crisis del trasplante) y permite colocar verticalmente la joven raíz en la tierra sin encorvarla y dañar las raicillas.

Las plántulas pueden ser trasplantadas a las camas o envases de 2 a 3 semanas después de la germinación, aunque el tiempo puede variar hasta 5 semanas, dependiendo de la especie. Como regla general, esto se debe realizar cuando la plántula se esta desarrollando a expensas de los cotiledones u hojas cotiledonarias y las raicillas laterales no se han desarrollado, pues una vez que aparecen las hojas verdaderas y raíces laterales, el trasplante puede resultar perjudicioso para ellas (2, 21, 19, 20). Cuando éste vaya a realizarse se deben tomar las siguientes precauciones:

Humedecer la tierra de la germinación antes del trasplante para mullirla y facilitar el arranque de las plántulas.

- Arrancar las plántulas alzando de uno solo golpe un puño de tierra y no sacándolos de uno en uno.

- Proceder de esta manera en todo el caballón de siembra sin dejar ninguna.
- Elegir las plántulas mejor formadas para el trasplante, desechando las débiles.
- Trasplantar a la sombra y al abrigo del viento.
- Mantener húmedas las raíces de las plántulas, pasándolas a un recipiente con lodo o turba húmeda.
- Nunca exponer las raíces al sol (las raicillas se desecan en 3 min).
- Sostener las plántulas por las hojas, pues las enfermedades las atacan fácilmente si su cuello (tallo) está maltratado.
- Colocar las plántulas en el mismo nivel (o un nivel inferior) del que estuvieron en el semillero, nunca más alto, y mantener las raíces en su posición normal.
- Apretar la tierra para evitar vacíos de aire y para permitir una buena absorción de la humedad (30).

Sobra mencionar que previo al trasplante, a camas de crecimiento o a envases, el medio de crecimiento debe estar humedecido aproximadamente a su capacidad de campo.

a) Trasplante a camas de crecimiento (cultivo a raíz desnuda).

El trasplante se hace directamente en la cama, cuidando las recomendaciones antes reseñadas. La distancia que se calcula entre plantas va de acuerdo a la especie y a la duración de trasplante, y es de por lo menos 5 x 5 cm de distancia entre ellas (30) (Figura II.23).

Otra opción que vale la pena probar es el trasplante por medio de "chapin o pilón" a las camas de crecimiento. Esta técnica tradicionalmente es usada en nuestro país por los productores de "amaranto". La plantita se extrae con todo y la mota de tierra, sin exponer la raíz, para después trasplantar al terreno, en este caso la plántula se traslada a la cama de crecimiento. Para realizarlo la tierra del semillero se divide en partes y se hacen cortes, cuidando de no lesionar las plántulas (Figura II.24).

El cultivo a raíz desnuda conviene para plantas de evapotranspiración mínima y está previsto para la reforestación de sitios con suelos ricos en materia orgánica (humus), que no se secan y con clima húmedo. A pesar de todas estas precauciones, la crisis del trasplante en el momento de establecer la plantación es inevitable y se manifiesta por un paro en el crecimiento más o menos prolongado o por una alta mortalidad (30).

b) Trasplante a envases de crecimiento.

Previo al trasplante del semillero al envase, se debe realizar el "Repique" en el sustrato de la bolsa, que consiste en hacer una perforación con una ramilla acondicionada de cualquier árbol, o bien con un dedo, que se introduce en el envase para colocar la plántula (Figura II.25).



Fig. II.23 Trasplante a camas de crecimiento.

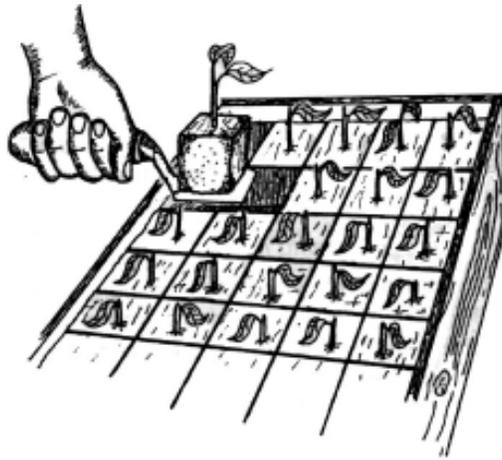


Fig. II.24 Trasplante de plántulas a través de "chapín o pilón".

El trasplante consiste en los siguientes pasos:

- 1. Se riega el suelo del almácigo hasta humedecerlo perfectamente y con la ayuda de una espátula se extraen las plántulas.
- 2. Se colocan en un recipiente con agua o en una caja pequeña de madera, seleccionando aquellas cuyas características de crecimiento se consideren las más adecuadas. Así comienza la selección de las plantas más vigorosas y al mismo tiempo se uniformiza su tamaño. Posteriormente se llevan al área de envasado, donde las bolsas deben estar ya repicadas, con tierra húmeda, y se protegen del aire y del sol.

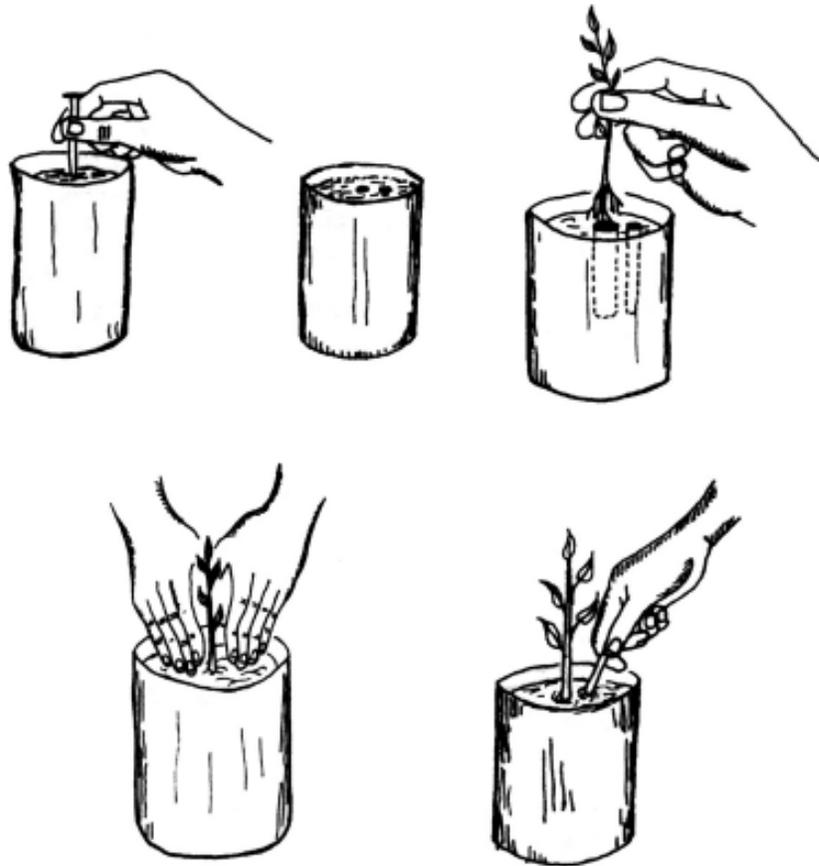


Fig. II.25 Transplante de plántulas a envases de crecimiento.

-3. Se introduce la radícula en la perforación hecha y con una rama acondicionada, un clavo o el dedo se hace un orificio paralelo al anterior, inclinando el clavo hacia la plantita para que la radícula quede en contacto con la tierra y eliminar el aire alrededor de ella.

-4. Después de extraer el calvo se presiona la tierra hacia abajo con los dedos alrededor de la plántula, para asegurar la obstrucción de los hoyos hechos, cuidando que sus raicillas no queden dobladas (Figura II.25).

- 5. Posteriormente, cuando se tengan trasplantadas en los envases aproximadamente 500 plántulas es conveniente darles un riego (sobre todo si están al rayo del sol) par que radícula quede en perfecto contacto con la tierra (11). Al agua de riego se le puede agregar 2 gr de captan por litro, para prevenir el ataque de hongos (Damping-off).

- Finalmente las bolsas, ya con las plantas, son trasladadas y acomodadas en las plantabandas, tratando de colocarlas lo más vertical posible, para que la raíz aproveche al máximo el volumen de tierra.

Acomodo de los envases en las platabandas.

Las platabandas deben estar limpias y aplanadas antes del acarreo de las bolsas (ver *Construcción de platabandas* en el Anexo 1). Es de gran utilidad poner en el interior de las platabandas una cama de tierra arenosa (cuyo espesor puede ser de 5-10 cm), para facilitar el acomodo de las bolsas en hileras. También es importante que al igual que el fondo de los envases, el piso de las platabandas tengan un buen drenaje para evitar la humedad excesiva (ver *Drenaje del terreno* en el Anexo 1).

Otra sugerencia útil es dejar espacios dentro de las platabandas cada determinado número de hileras de envases, para facilitar un riego adecuado y homogéneo, y permitir además el movimiento de las plántulas que lo requieran, evitando así su enraizamiento en el piso de las platabandas (Figura II.26).

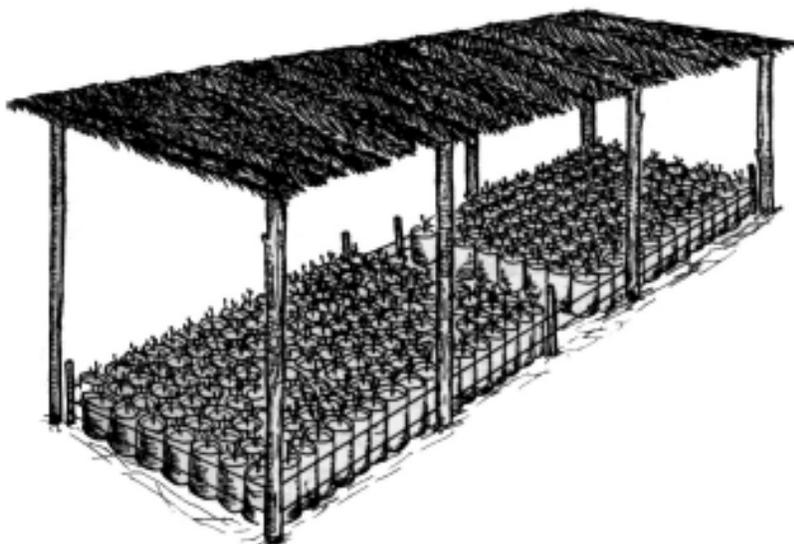


Fig. II.26 Acomodo de plántulas en las platabandas.

Se debe evitar que las plantas permanezcan tiempo excesivo en las platabandas, pues las raíces pueden presentar un desarrollo indeseable, como el crecimiento en espiral (enrollamiento o cola de cochino), o bien perforar el fondo y arraigarse en el piso de las platabandas. Para corregir este último, las plantas se deben podar de la raíz, o bien cambiar de lugar con regularidad (11). Asimismo, la malformación de las raíces se puede reducir parcialmente si el fondo del envase no está cerrado y si las plantas no permanecen durante un tiempo demasiado largo en el envase, cuidando que su altura no pase de 20 a 25 cm, al momento de realizar la plantación (Figura II.27) (30).

Pero lo mejor es evitar los dos problemas haciendo el trasplante a los lugares donde se vaya a realizar la reforestación en el momento en que las primeras raicillas asomen por el fondo del envase, evitando que sean muy largas y gruesas (28).

11 CUIDADOS DURANTE LA GERMINACIÓN Y CRECIMIENTO INICIAL DE LAS PLÁNTULAS

Después de la siembra y el trasplante se presenta un periodo crítico en el vivero, durante el cual las semillas y las plántulas son vulnerables tanto a los factores del ambiente como a los diversos depredadores y patógenos. Por ello en este periodo deben extremarse los cuidados en los semilleros, camas y envases de crecimiento; pues de lo contrario se presentan pérdidas cuantiosas. Por ejemplo, sin las condiciones no son las apropiadas para la germinación de las semillas y a éstas no se les brindan los cuidados necesarios, las viables pueden no germinar o ser atacadas por depredadores y enfermedades, los que continúan siendo un problema aún después de que las plántulas han emergido. Asimismo, la presencia de malas hiervas pueden afectar su ritmo de crecimiento, y hasta provocar su muerte, al competir con ellas por agua, luz y nutrientes (32).



Fig. II.27 Malformaciones en la raíz ocasionadas por una larga permanencia en el envase.

A continuación mencionamos una serie de prácticas que deben realizarse para disminuir los riesgos en la producción.

a) Riego.

Independientemente del tipo y el equipo que utilice, se debe controlar la caída del chorro de agua sobre las camas o envases de crecimiento. Es recomendable que el chorro no salga con mucha presión y no caiga directamente sobre las bolsas, pues la fuerza del agua puede ocasionar que la semilla sea desenterrada y quede expuesta, lo que provocaría su desecación.

Después de la siembra la superficie del suelo (almácigos, camas o envases de crecimiento) debe mantenerse húmeda, pues la pérdida excesiva de humedad puede ocasionar que las semillas se sequen y los beneficios obtenidos con el tratamiento pregerminativo se pierda; además, la germinación se reduce considerablemente (32).

Una vez que las semillas han entrado a la etapa de germinación, no es conveniente mantener el suelo (almácigos, camas y envases de crecimiento) con exceso de humedad, pues se puede promover el decaimiento de la germinación por incidencia del mal del semillero (Damping-off) y otros patógenos. Por ello, la humedad debe ser cercana a la capacidad de campo (la tierra debe estar húmeda como para no soltar polvo, pero sin que presente un aspecto maciso o duro) (28).

Después que la germinación se presente, debe evitarse los riegos someros por largos periodos, con la finalidad de mantener el régimen de humedad adecuado, pero sin llegar a excesos que dañen las raíces, lo que permitirá obtener un crecimiento óptimo en las plántulas (32).

Es importante recalcar que los riegos no deben aplicarse en la hora de mayor incidencia de calor, porque esto aumenta considerablemente la evapotranspiración y provoca lesiones en las plántulas.

Por otra parte, el riego también se puede utilizar para controlar la elevación de la temperatura en el suelo. Este aspecto es más importante cuando el cultivo se hace por camas de crecimiento ya que las plantas se encuentran expuestas a los rayos directos del sol, lo cual puede incrementar considerablemente la temperatura del suelo, provocando quemaduras en las plantas y su muerte. Aunque las temperaturas del suelo consideradas como críticas varían de acuerdo a la edad y especie: está comprobado que el daño puede ocurrir con más frecuencia en plantas jóvenes. Cuando se presentan temperaturas críticas en el vivero, la intensidad y frecuencia de los riegos es variable y depende parcialmente del tipo de suelo. Por esto se recomienda que cuando las temperaturas superficiales del suelo excedan a los 30°C se apliquen riegos con la finalidad de regular (32).

Aunque la elevación de la temperatura del suelo de los envases difícilmente se presenta, ya que éstos se encuentran protegidos con la sombra de las platabandas, es recomendable que si se llega a notar desecación se tomen las precauciones antes señaladas.

b) Deshierbe.

Con el deshierbe continuo de los pasillos de las platabandas y al interior de los envases que contienen las plantas de reforestación (a realizarse manualmente) se evitarán problemas de competencia por luz, agua y nutrientes. También es importante tener cuidado con el número de plántulas que emergen de las bolsas en las que se sembraron 2 ó 3 semillas, en cuyo caso se sugieren que solamente se mantenga la planta más vigorosa y se eliminen las restantes.

El deshierbe en las camas de crecimiento también se tiene que hacer aunque sea más complicado. Como se menciona en el *Anexo 1*, el control de las malezas comienza con la selección del terreno, no obstante, las semillas de malas hierbas pueden caer en el terreno y germinar en los camellones, por esto se recomienda tomar medidas adicionales, reforzándolo con prácticas de deshierbe manuales o mecánicas y sólo en caso de ser necesario con herbicidas (32).

Por otra parte, el deshierbe continuo asegura tener un mayor control sobre los depredadores de las plántulas como son hormigas, grillo, gusanos, etcétera.

c) Plagas y enfermedades

Después de la germinación el “mal del semillero” puede seguir siendo un problema, para eliminar el hongo que lo produce la fumigación del suelo es el método comúnmente utilizado. Una opción para evitar el uso de fungicidas es cubrir las semillas con una capa de arena de 5 cm de espesor, que favorece la reducción de la humedad alrededor de la semilla e incrementa la temperatura en la superficie del suelo.

Debido a que el “mal del semillero” es un problema constante en los viveros, se recomienda efectuar revisiones continuas en el cultivo, con el propósito de detectar oportunamente su presencia o la de alguna otra enfermedad. De esta manera se puede prescribir y aplicar inmediatamente el tratamiento adecuado, para evitar la pérdida significativa de plantas (32).

d) Manejo de tallas adecuadas.

Con el fin de obtener plantas adecuadas para su trasplante a los sitios de reforestación, es importante conocer la edad y talla propicia para el trasplante, así como las necesidades de preparación del sitio a reforestar.

El éxito en el establecimiento de las plantas en las zonas a reforestar, depende en gran medida de su vigor y tamaño, así como de la época del año en que se realice el trasplante. Por esto, de la planeación y organización en el vivero de todos los trabajos involucrados en la producción de plantas, depende la obtención de las tallas requeridas para la reforestación, considerando en este aspecto lo siguiente: cuando la producción se hace por camellones de requiere un tiempo de estancia en el vivero mayor, que cuando se hace por envases de crecimiento.

El conocimiento de la demanda de plantas para reforestar es importante, ya que de esto se desprende la planeación del trabajo en el vivero, la cual repercute directamente en el número de plantas que deben producirse.

En muy recomendable que del número de plantas por especie que se hay perdido para reforestar, el llenado de bolsas y la siembra en el vivero se haga siempre manejando un colchón aproximado de 20% más de las que sean demandadas, para asegurar que no falten y poder elegir las plantas más vigoras. En el *Estudio de caso* se ejemplifica la importancia que tiene el diseño el calendario de actividades.

12 PROPAGACIÓN DE ESPECIES CON SEMILLAS RECALCITRANTES

La limitante que este tipo de semillas presentan para su almacenamiento, imposibilita formar un banco permanente que suministre al vivero con oportunidad suficiente de semillas para propagar masivamente las especies. Sin embargo, no por esto hay que dejar de lado su propagación, pues muchas de ellas son de

gran importancia económica y ecológica. Por otra parte, debido a las características de sus semillas y a que los ambientes no perturbados, en que suelen establecerse, cada vez son más escasos en el país, muchas de estas especies se encuentran en peligro de desaparecer, con la subsiguiente pérdida de biodiversidad.

Una de las maneras en que se puede favorecer la conservación de este tipo de especies, es por medio de su propagación masiva en vivero y su empleo en la reforestación.

13 PROPAGACIÓN POR SEMILLA

La propagación masiva de estas especies puede ser por medio de la formación en vivero de bancos de plántulas. Para lograrlos las semillas deben sembrarse casi inmediatamente después de su colecta, pues sus características no permiten almacenarlas por tiempo prolongado (16).

La colecta se debe hacer en el momento preciso de maduración de las semillas y ponerlas en las condiciones ambientales idóneas para conseguir la germinación y el establecimiento de las plántulas (con agua y sustrato adecuados). Después es necesario someterlas a condiciones moderadas de estrés (escasez de luz, agua, etcétera) para mantenerlas en el vivero con un crecimiento lento hasta que el momento de trasplante se acerque. Hacemos esto porque la producción de semillas puede ser en épocas alejadas a las de la reforestación, y como las recalcitrantes no pueden almacenarse por no presentar periodos de latencia, se requiere empatar el desarrollo de los individuos con la época de trasplante a los sitios de reforestación.

Debemos establecer las plántulas en vivero, en envases o en camas de crecimiento, y cuidar su desarrollo en los diferentes medios estresantes que se elijan para mantenerlas con crecimiento lento. Si su desarrollo se realiza en envases de crecimiento, se debe vigilar el desarrollo normal de la raíz, para evitar problemas de enrollamiento. Asimismo, su trasplante a los sitios de reforestación deberá involucrar una serie de ensayos que indiquen la talla, época y preparación del terreno más propicia para realizarla.

14 PROPAGACIÓN VEGETATIVA O CLONAL

En un método muy susceptible de ser usado en la propagación de especies con semillas reclacitrantes, presentando perspectivas muy alentadoras no sólo para éstas, sino también para aquellas en las que se presentan problemas para conseguir una cantidad suficiente de semillas, ya sea por su irregularidad o por poca productividad, baja viabilidad de las semillas o altos niveles de parasitismo.

Recurre a la utilización y cultivo de tejidos vegetales que conservan la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular, para generar nuevos individuos similares a los árboles parentales (planta donante), a partir de partes vegetativas de las plantas (1).

Presenta tres variantes: Micropropagación, Propagación vegetativa y Selección clonal. Cada una de ellas ofrece diferentes ventajas y requiere distintos tipos de infraestructura.

a) Micropropagación

Requiere de un laboratorio relativamente sencillo de cultivo de tejidos vegetales. Para iniciarlo se hace acopio de órganos vegetales de las plantas en crecimiento que conserven tejidos indiferenciados (meristemos o llamas), que son puestos en un medio de cultivo adecuado para que las células del tejido empiecen a proliferar y den origen a un callo, el cual a su vez puede fraccionarse en múltiples secciones, que pueden cultivarse individualmente en recipientes separados.

De los callos de tejido indiferenciado es factible obtener muchos individuos a partir de un solo segmento de tejido mesitemático. Cuando se desea que las fracciones del callo se diferencien y den origen a una plántula, se le agrega una combinación adecuada de auxinas y citoquininas (sustancias reguladoras del crecimiento y diferenciación celular), que promueven los cambios en el callo y que dan pie al crecimiento de plantitas con raíz, tallo y hojas, que pueden ser trasladadas al vivero y trasplantadas a los envases o camas de crecimiento donde se desarrollarán hasta la época de realizar la reforestación (1).

La utilidad de este método para suministrar al vivero plantas de características deseadas hace muy alentador su uso; sin embargo, dados los requerimientos de infraestructura, experimentación y capacitación que requieren estas técnicas son más adecuadas para realizarse en los centros de acopio nacionales o regionales de bancos de germoplasma. Estos podrían funcionar como donadores permanentes de las especies de plántulas deseadas, lo cual es factible, pues los callos pueden usarse también como una alternativa para la conservación a largo plazo de gemoplasma vegetal, en lugar de las semillas, mediante diversos procedimientos como son: criopreservación, lifolización, vitrificación y/o encapsulado; técnicas que permiten conservar tejidos vivos por largo tiempo (1).

b) Propagación vegetativa

Se da espontáneamente en la naturaleza cuando un fragmento o rama de una planta cae al suelo y logra enraizar, produciendo así un nuevo individuo. También se ha empleado desde hace mucho tiempo para la propagación de árboles de ornato y frutales, o como sucede en nuestro país, para el establecimiento de cercas vivas (1).

La técnica consiste en cortar ramas, pencas u otro tipo de segmentos de la planta en crecimiento y plantarlas en el suelo para provocar su enraizamiento. También es posible cubrir con suelo secciones del tallo o ramas de un árbol no cortado para inducir la aparición de raíces en la sección cubierta antes de cortar el segmento que será plantado (1). La multiplicación por este sistema se fundamenta en que la parte enterrada en el suelo produce raíces por ser los únicos órganos

que en ese medio pueden desarrollarse. Una vez formadas las raíces absorberán los alimentos necesarios para el desarrollo de los demás órganos, con lo cual queda constituido el nuevo individuo (35).

Se da el nombre de estaca a la parte del árbol o arbusto que, separada de la planta madre, es susceptible de emitir raíces y formar un nuevo individuo (35).

La multiplicación por estaca tiene sobre la reproducción por semilla la ventaja de adelantar la formación de toda especie leñosa y transmitir sin cambios los caracteres de sus progenitores, dado que todos los árboles procedentes de una misma planta madre y propagados por métodos vegetativos constituye lo que se llama clon, y sus caracteres genotípicos (información genética que contienen cada una de las células de un individuo) y fenotípicos (características morfológicas y fisiológicas que muestran los individuos en un determinado medio ambiente) son idénticos (35, 36).

No todas las plantas tienen la capacidad de enraizar espontáneamente, ni todas las ramas de una planta lo hacen con la misma facilidad (1, 35). Por ello el proceso de enraizamiento de estacas de especies leñosas es complejo y depende de muchos factores que influyen en la capacidad de enraizamiento, y si alguno de estos no es tomado en cuenta, el proceso puede fracasar. No obstante, una vez que se ha desarrollado una metodología básica con la infraestructura adecuada, es casi seguro que se obtendrá éxito con un amplio rango de especies y un mínimo esfuerzo adicional (37, 38).

Para establecer plantaciones de árboles propagados vegetativamente se requiere utilizar meristemos (material fisiológicamente juvenil), que dará origen a un árbol de crecimiento normal (similar al de una plántula de semilla). Este criterio es importante, pues se ha encontrado que cuando se utilizan estacas de ramas adultas las probabilidades de enraizamiento son escasas y en caso de lograrse, se obtienen crecimientos inadecuados (las plantas que de este material se originen crecerán como copa). Para varias especies se ha encontrado que los segmentos provistos de meristemos ubicados más cercanos al tronco principal o al eje de crecimiento apical tienen mayores probabilidades de enraizar que las plantas de las ramas distintas. Otras veces, los ejes de crecimiento que surgen de un ápice podado son los que mayor potencial de enraizamiento presentan. Aunque esto varía en función de la especie y las técnicas utilizadas, es claro que se debe probar cuál es la fuente de material juvenil más adecuado, por lo que se tienen que considerar y evaluar rebrotes de tocones, rebrotes basales de árboles en pie, rebrotes de plantas jóvenes y ápices de árboles podados, porque todo este tipo de materiales origina estacas juveniles (suculentas) no lignificadas (1, 37, 38).

Tres aspectos deben considerarse para realizar este tipo de propagación: la elección y manejo de la planta donante, la obtención de las estacas y finalmente el enraizamiento y establecimiento de ésta. Cada aspecto tiene sus requerimientos y particularidades, el cuidado que se ponga en cada paso es lo que asegurará resultados exitosos.

1) Elección y manejo de la planta donante.

Al igual que los criterios de selección de árboles para colecta de semillas, los árboles de los que se desee obtener estacas para propagación deben estar libres de plagas y enfermedades y ser vigorosos. Al elegir los individuos donantes, se debe escoger a los que contengan las características deseadas.

Como se mencionó, el tipo y edad de los brotes usados como fuente de estacas afecta fuertemente su capacidad de enraizamiento. Por esto el objetivo de manejar la planta donante es asegurar la producción de un gran número de estacas de fácil enraizamiento y de forma periódica durante largo tiempo. Aunque la forma de la planta donante varía entre especies, generalmente el proceso de obtención de estacas inicia de un tocón, ya sea de un árbol o una planta joven talada, o de un individuo podado. En cualquiera de estos casos las llemas del tocón o ramas podadas rebrotan y producen un cierto número de brotes laterales erectos (lo que no presenten crecimiento vertical deben desecharse), y pueden utilizarse como fuente de estacas (Figura II.28) (37, 38).

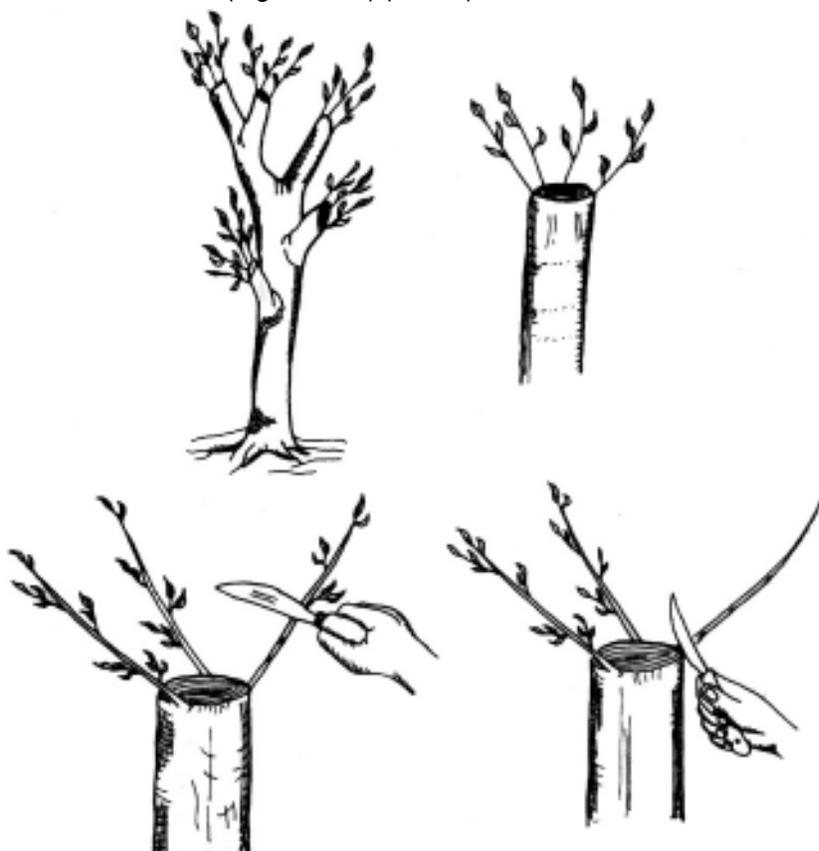


Fig. II.28 Obtención de brotes de la planta donante.

La cosecha de brotes de una misma planta donante puede repetirse cada 2 ó 3 meses. No se recomienda hacer cosechas muy frecuentes, pues se pueden afectar las reservas alimenticias de la planta, su sistema radicular y la fertilidad del suelo.

Para reducir el riesgo de afectar a la planta donante se debe mantener en ella algunas hojas durante la cosecha, además de un brote de manera permanente (brote alimentador o feeder) y aplicar regularmente fertilizante completo (N23: P19.5:K16) con el fin de mantener adecuadamente los niveles de nutrientes en el sitio donde se encuentra la planta (37,38). Es claro que las dosis adecuadas varían entre las especies por lo que sugerimos ensayar varias de éstas, partiendo de los criterios recomendados para los cultivos normales y posteriormente jugar con los incrementos y decrementos hasta obtener la dosis con la que se obtengan plantas donantes con buena producción de brotes y alto enraizamiento de estacas.

Se ha descubierto que cuando los brotes se obtienen de árboles podados, a mayor altura de corte corresponde menor número de estacas que enraizan. Por ello se recomienda que la poda de la planta donante se realice a la altura de los 10 nudos o menos (como es el caso de los brotes obtenidos de tocones), para asegurar una mayor capacidad de enraizamiento (37,38) (Figura II.28).

Es importante también la cantidad de la luz que llega a los brotes de la planta donante, pues se ha encontrado que aquellas estacas obtenidas de brotes en condiciones de sombra presentan mayor capacidad de enraizamiento; por otra parte sabemos que en aquellas plantas donantes fertilizadas, las condiciones de iluminación afectan menos la capacidad de enraizamiento de las estacas (37,38).

2) *Obtención de las estacas.*

Los pasos y criterios para la obtención adecuada de estas son:

- Los brotes elegidos deben ser originados de tocones o de árboles podados por arriba de los 10 nudos, los cuales deben ser de crecimiento vertical.
- Elegir los brotes que se originen en condiciones de sombra.
- Antes de cortar el brote, cortar las hojas, la llema terminal y los brotes laterales que estén presentes (Figura II.28)
- Una vez cortados los brotes se deben mantener húmedos mediante aspersores manuales y después colocarlos en una bolsa de plástico marcada con el número de la planta donante (número de con); dentro de ésta debe haber papel húmedo, una esponja o cualquier otro material que retenga bastante agua, y cerrarla para evitar pérdida de humedad y estrés por falta de agua en los brotes (Figura II.29).
- Las bolsas con los brotes se mantienen en un sitio fresco y sombreado y se trasladan lo más rápido posible al área de enraizamiento del vivero.

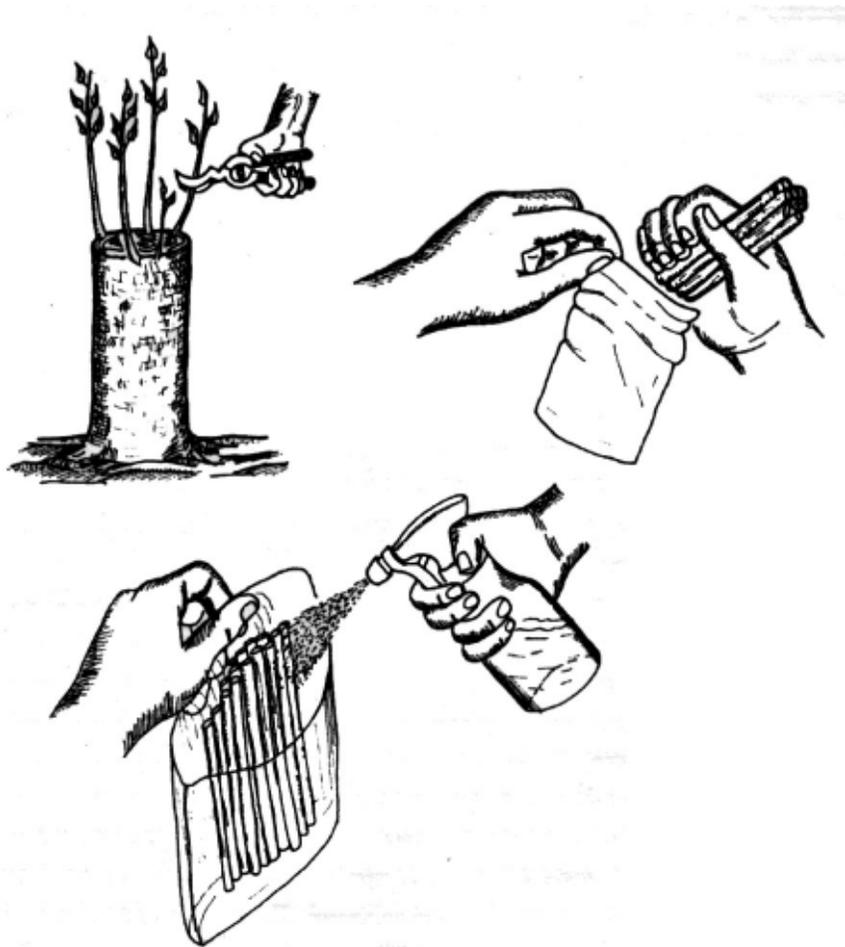


Fig. II.29 Cuidados necesario en el manejo de los brotes.

- El área de enraizamiento debe ser fresca y sombreada, las temperaturas óptimas se encuentran entre 20 y 25°C, aunque 30°C son aceptables con una humedad relativa alta (más del 95%). Para lograr estas condiciones es necesario tener sombra en el sitio de propagación, la cual puede obtenerse con diversos materiales desde hojas de palma, plátano, carrizo y otras, hasta mallas plásticas especiales que permiten una transmisión de luz adecuada a las necesidades de las estacas (Figura II.30).
- Cuando los brotes sonsacados de la bolsa se deben mantener húmedos y frescos, exponiéndolos lo menos posible al viento.
- Para obtener las estacas de los brotes, éstos se deben cortar con navaja o tijeras filosas, utilizando la máxima extensión del entrenudo.

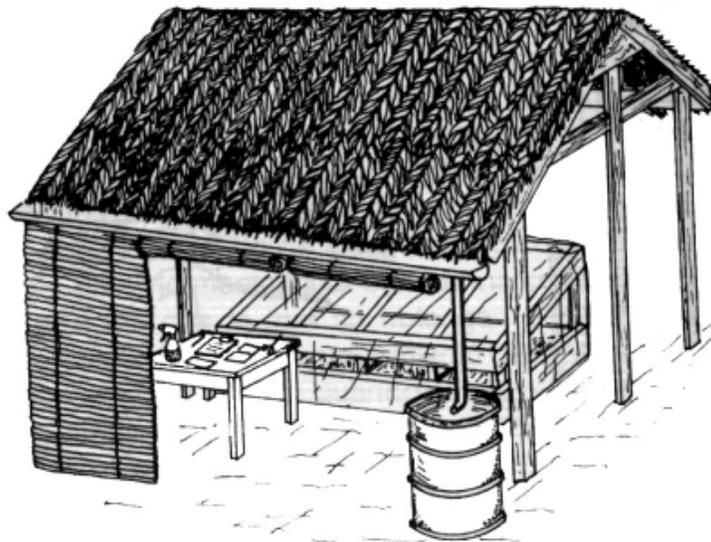


Fig. II.30 Acondicionamiento del área de enraizamiento (Tomado de Longman, 1993).

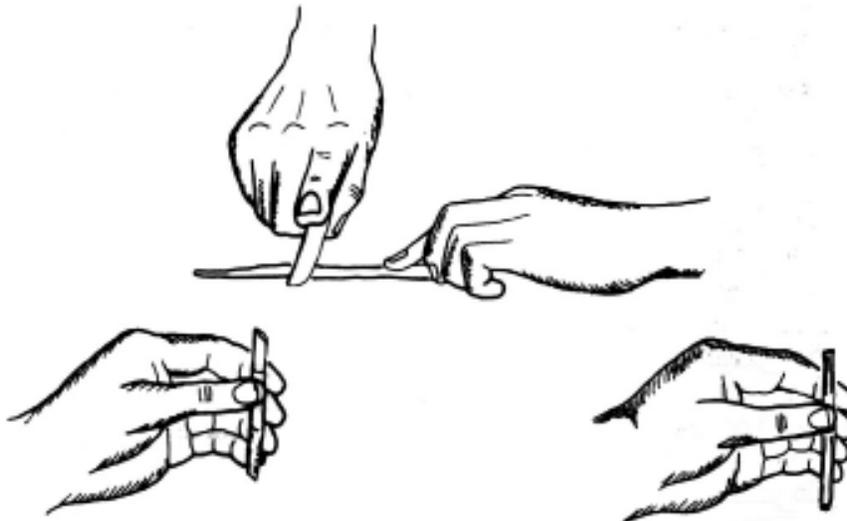


Fig. II.31 Obtención de estacas.

- Un corte oblicuo por arriba del nudo es el más sencillo, aunque para algunas especies es necesario realizarlo recto, con el fin de evitar que el sistema radicular se forme de un solo lado (Figura II.31). Evidentemente la decisión de realizar uno u otro corte depende de probar ambos y evaluar cual es

el más efectivo. Sobra mencionar que aquellas estacas que presenten enraizamiento de un solo lado deben desecharse.

- Cuando las estacas son uninodales generalmente no es imprescindible incluir un nodo, sin embargo, para algunas especies la estaca acompañada del nodo mejora considerablemente la capacidad de enraizar. Este aspecto también tiene que ser probado y evaluado para elegir la técnica que de mejores resultados.

- En especies con entrenudos cortos y hojas pequeñas es mejor obtener estacas con varios entrenudos, lo que asegura un enraizamiento bueno y rápido.

- La longitud óptima de las estacas es usualmente entre 3 y 10 cm.

3) *Aplicación de auxinas a las estacas.*

Como ya mencionamos no todas las plantas tienen la capacidad de enraizar espontáneamente, por lo que a veces es necesario aplicar sustancias hormonales que provoquen la formación de raíces (26). Las auxinas son hormonas reguladoras del crecimiento vegetal, y en dosis muy pequeñas regulan los procesos fisiológicos de las plantas. Las hay de origen natural como el ácido indolacético (AIA), y sintéticas como el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA). Todas estimulan la formación y desarrollo de raíces cuando se aplican a la base de las estacas. La función de las auxinas en la promoción del enraizamiento tiene que ver con la división y crecimiento celular, atracción de nutrientes y otras sustancias al sitio de aplicación, además de las relaciones hídricas y fotosintéticas de las estacas, entre otros aspectos. La mayoría de las especies forestales enraizan adecuadamente con AIB, aunque se ha observado que para algunos clones la adición de ANA resulta ser más benéfica (37, 38).

Existen varias maneras de aplicar auxinas a las estacas, todas ellas son aceptables pues reducen el tiempo para la formación de raíces y promueven que ésta se presente en mayor número por estaca, lo que consecuentemente aumenta el porcentaje de enraizamiento (37, 38). Los métodos de aplicación varían en exactitud, facilidad y requerimientos de infraestructura; la elección de cualquiera de ellos depende de las necesidades, condiciones de infraestructura y objetivos.

Un método sencillo es la aplicación de la hormona por medio del remojo de la base de las estacas en soluciones acuosas a bajas concentraciones de auxina, su desventaja radica en que es más lento y poco exacto (37, 38).

También se puede mezclar la auxina con vaselina y untar en la zona de enraizamiento de la estaca; esta técnica ha dado muy buenos resultados para varias especies tropicales de Uganda (38).

Los preparados comerciales de auxinas en polvo, aerosol, etcétera, son útiles, accesibles y fáciles de aplicar, gracias a que en los folletos de propaganda de las casas comerciales que los venden se dan toda clase de instrucciones sobre su forma de empleo.

Los métodos antes señalados tienen la desventaja de ser poco exactos pues no se puede jugar con las concentraciones de auxinas aplicadas (37, 38); sin embargo estas formas de aplicación han sido trabajadas durante muchos años por los horticultores, por lo que en caso de no dar resultados satisfactorios será necesario emplear técnicas más exactas que permitan controlar diferentes concentraciones de auxinas. Mencionamos a continuación un método alternativo y relativamente sencillo.

Los estudios realizados para varias especies forestales tropicales sugieren que una solución de concentración 0.4% de AIB en alcohol puro es un buen punto de partida para iniciar la búsqueda de la concentración de auxinas que produzcan el mejor enraizamiento (37, 38). Se obtiene diluyendo 4 gramos de AIB en 1 litro de alcohol puro. Puede considerarse como base y en el caso de no presentar los resultados esperados será necesario probar soluciones de AIB de mayor concentración.

Una solución intermedia puede obtenerse duplicando la concentración de 0.8%, es decir 8 gramos de AIB en 1 litro de alcohol, y para una alta concentración, al 1%, 10 gramos de AIB en 1 litro de alcohol puro.

La elección de las concentraciones está en función de los resultados que se vaya obteniendo con ellas, e inclusive se tendrá que considerar la adición de mayor concentración de AIB en ciertas especies de maderas muy duras.

Probablemente la forma más sencilla de probar las diferentes concentraciones de AIB sea realizando la inmersión de las estacas en las distintas soluciones, siempre y cuando se cuide no revolver las estacas con diferentes concentraciones en el propagador, esto puede permitir que las evaluaciones de velocidad y capacidad de enraizamiento se realicen al mismo tiempo, y con mayor prontitud se obtenga la concentración adecuada para la especie en particular.

Una vez preparada (s) la (s) solución (es) elegida (s) y que las estacas están listas en el área de propagación iniciamos el procedimiento de la siguiente manera:

- Las bases de las estacas se introducen en la solución para que recojan la mayor cantidad de auxina, según su diámetro, velocidades (pubesencial) y transpiración del tallo.
- Inmediatamente después colocamos las bases de las estacas en una corriente de aire frío, mediante un ventilador común o agitándolas al aire para evaporar el alcohol, antes de colocarse en el propagador (Figura II.32^a).

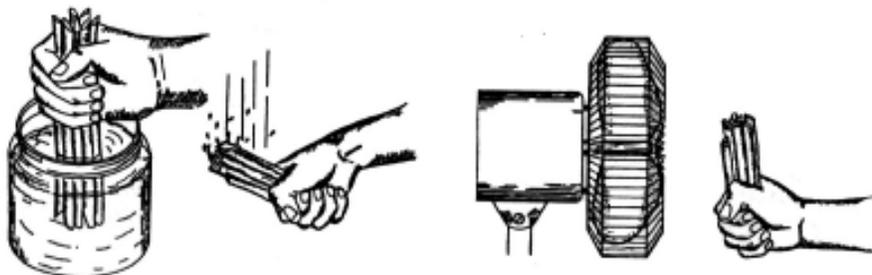


Fig. II.32a. Aplicación de auxinas a las estaca.

- Si las estacas presentan algunas hojas, éstas deben protegerse de la corriente del viento, para reducir su transpiración (Figura II.32b).

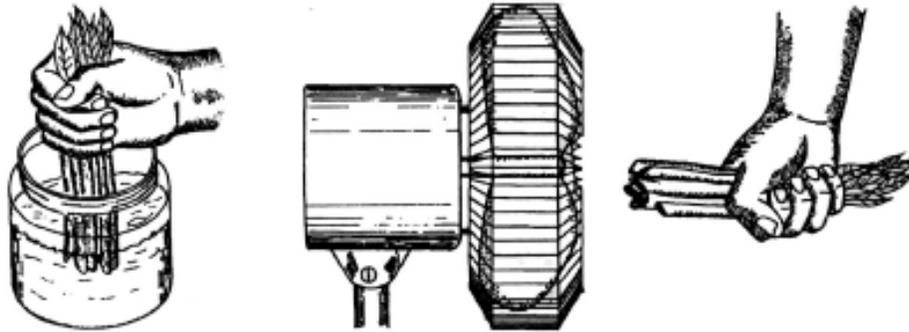


Figura. 11.32b Aplicación de auxinas a las estacas que presentan hojas.

- Después, y tan pronto como sea posible, las estacas se colocan en el propagador (Figura II.33).
- Cuando se usan soluciones concentradas de auxina se sugiere que la inmersión de las estacas se realice por un tiempo muy corto (37, 38).



Figura. 11.33 Siembra de estacas.

4) Propagadores y medios de enraizamiento.

El ambiente en el cual las estacas son puestas a enraizar es de vital importancia. Los propagadores deben reunir características que eviten cualquier estrés en las estacas. De los factores que les pueden causar daños el más importante es el estrés hídrico (pérdida de agua y desecación).

Un propagador es una construcción que evita la pérdida de agua del medio que rodea a las estacas. Su función es similar a la de un almácigo, pues ambos propician las condiciones ambientales adecuadas para la germinación de las plántulas o el enraizamiento de las estacas, según sea el caso.

Existen diferentes maneras de construir los propagadores, las diferencias estriban en las necesidades y disposición de infraestructura que la zona en particular disponga.

Los diferentes tipos de propagación son:

Sistema de aspersión

Es uno de los métodos más utilizados para evitar el estrés hídrico por los horticultores de las regiones templadas. Usualmente consisten en la aspersión intermitente de las estacas con gotitas muy finas de agua. Los diversos mecanismos de control para determinar la frecuencia y duración de las aspersiones pueden ser desde relojes, interruptores fotosensibles (sensibles a los cambios de luz solar) hasta hojas electrónicas. Los cambios de luz y temperatura, además del contenido de humedad del propagador, son detectados por estos mecanismos que, según sea el caso, activan o desactivan los propagadores.

El control de la humedad en los propagadores por estos métodos involucra una costosa infraestructura que incluye suministro de electricidad e instalaciones de agua entubada constantes, lo cual también requiere de mantenimiento permanente. Un mantenimiento e instalaciones inadecuadas propician efectos nocivos en las estacas. Por ello este tipo de instalaciones se debe ajustar a las condiciones dependientes del clima pues su controlador de aspersiones que no funcione adecuadamente a los cambios de la temperatura e insolación dará como resultado estacas que sufran déficit o exceso hídrico (37, 38).

Sistema sin aspersión

Es un sistema relativamente simple y de baja tecnología que no requiere de un suministro de agua entubada ni electricidad. Consiste básicamente en una caja con tapa rodeada de plástico transparente que retiene el agua. Los marcos de la caja pueden ser de diversos materiales como madera, aluminio o concreto. Al interior del propagador se colocan capas de arena y grava, sobre las que se coloca el medio de enraizamiento donde se colocarán las estacas.

Una vez que el marco del propagador se ha construido (la Figura II.34 muestra su construcción, además de los materiales y dimensiones sugeridos) se coloca el plástico rodeando completamente la estructura. Posteriormente se colocan las

capas al interior del propagador de la siguiente forma (de la base del propagador hacia arriba):

- 1 pliego de plástico perfectamente fijado a la base del propagador.
- 1 capa de arena fina de 3 cm de espesor.
- 1 capa de piedra de 6 cm de espesor.
- 1 capa de grava de 6 cm de espesor (previo a la colocación del medio de enraizamiento se debe agregar agua en suficiente cantidad para saturar estas capas).
- Finalmente se coloca la capa del medio de enraizamiento en un espesor de 10 cm.

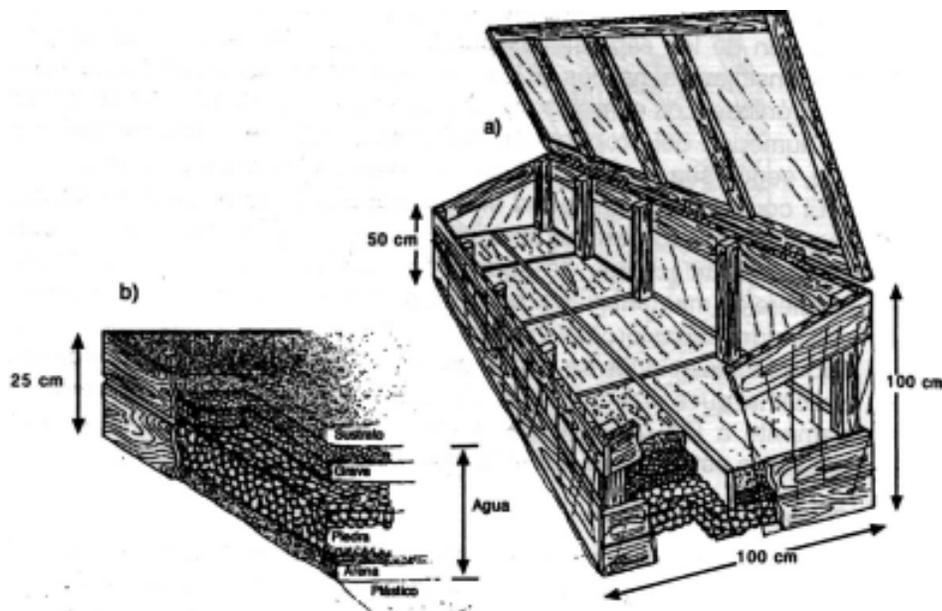


Fig. 11.34 Estructura y dimensiones de un propagador sin aspersión. a) vista general; y b) detalle de la capa que constituyen el medio de enraizamiento (Tomado de Longman, 1993)

El agua evita el estrés hídrico, siempre y cuando el propagador permanezca cerrado. Al abrirlo se presenta una rápida reducción de la humedad, es importante controlar este efecto mediante aspersiones manuales periódicas. También puede ocurrir una pérdida importante de humedad durante las horas más calientes del día. La sombra adicional y las aspersiones manuales se pueden reducir este efecto. También se debe tener cuidado de mantener el plástico limpio y libre de agujeros, la suciedad reduce la cantidad de luz que llega a las estacas y puede limitar el enraizamiento (37, 38).

Trasplante y acondicionamiento de las estacas.

Para varias especies propagadas vegetativamente se ha observado que el enraizamiento de las estacas inicia después de 2 semanas, y está lo suficientemente desarrollado después de 4 a 6 semanas. La mayoría de las estacas que enraizan después de este periodo son débiles y no vale la pena conservarlas. Cuando las raíces de las estacas tienen una longitud de 1 a 2 cm deben ser trasplantadas a los envases de crecimiento. El medio del envase deberá tener buena fertilidad y aereación (ver *Preparación de los envases de crecimiento* en el apartado II.8.d). Idealmente el medio de crecimiento de los envases debe contener suelo del sitio donde naturalmente crece la especie con la finalidad de promover la inoculación de la microflora apropiada (37,38).

El trasplante de las estacas consiste de los siguientes pasos:

- Sacar la estaca del medio de enraizamiento con cuidado de no dañar las raíces ya que son muy delicadas.
- Antes de plantar las estacas en los envases se debe cuidar que el sistema radical tenga 3 raíces como mínimo y que su distribución sea radial. Cuando las estacas presenten 1 ó 2 raíces o bien el sistema radical se forme sólo de un lado se deben desechar.
- Las estacas elegidas se deben trasplantar inmediatamente después de ser removidas del medio de enraizamiento.
- Para realizar el trasplante adecuadamente, los envases deben estar ya llenos con el medio de crecimiento, aproximadamente a la mitad de su capacidad.
- La estaca se coloca en el envase y se termina de llenar, esto favorece que no queden espacios de aire en la base de la estaca y que las raíces no se dañen pues se asegura que éstas queden bien distribuidas en el envase (sin curvaturas o enrollamientos).
- Se recomienda que las estacas se siembren de tal manera que la llema quede al ras del suelo, y su mayor parte dentro del medio del envase. Esto favorece que las estacas queden bien firmes y no se volquen por efectos del viento o al mover los envases (Figura II.36).
- Cuando las estacas presentan más de una llema se recomienda remover algunas con el fin de asegurar la formación de plantas con un solo eje. Esta acción también mejorará la rectitud del eje en desarrollo.

Es importante considerar que las estacas recién enraizadas son susceptibles de sufrir estrés hídrico cuando son sacadas del propagador y son trasplantadas al envase de crecimiento, pues además del cambio tan brusco que significa el trasplante, también hay un cambio severo en el ambiente aéreo, lo que implica un contraste desde una condición de alta humedad (en el propagador) a un ambiente de menor humedad (exterior). Por esto es muy recomendable que una vez realizado el trasplante, los envases con las estacas se regresen por algunos días

al propagador, con la finalidad de evitar el estrés del trasplante y así poder dar inicio al periodo de aclimatación. Para evitar que el medio de enraizamiento del propagador se contamine con el medio de los envases, es necesario poner un plástico antes de colocar los envases (37, 38).

El periodo de aclimatación de las estacas puede realizarse colócan dolas primero en un ambiente sombreado y húmedo por 2 ó 3 semanas. Posteriormente, deberán exponerse paulatinamente a condiciones de crecientes de humedad y crecientes de luz y temperatura (37, 38).

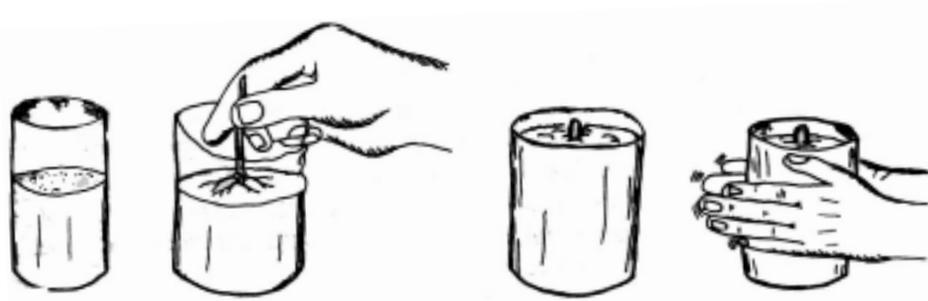


Fig. II.36 Trasplante de estacas a envases de crecimiento.

5) Método rústico

Una variante todavía más económica, y que evita la construcción del propagador, es la utilización de pequeños cajones de madera o algún otro material, en donde el medio de enraizamiento y desarrollo de las estacas está dado por suelo vegetal rico en humus (materia orgánica en diferentes estados de composición) y las condiciones de humedad son dadas por cubiertas de plástico incoloro (1). Evidentemente el uso de éste método debe ir acompañado de la aplicación de auxinas a la base de las estacas y cuidar que no se presenten pérdidas de humedad, por lo que se recomienda utilizar la forma descrita anteriormente en la preparación de sustrato del propagador sin aspersion (Figura II.37).



Fig. II.37 Método rústico para enraizar estacas.

Debido a las necesidades de desarrollar y planificar los ensayos de plantaciones clonales, es muy importante llevar un registro del número de estacas puestas a enraizar, el número de estacas que enraizan, la dosis de auxinas óptima para favorecer el enraizamiento y el número de estacas que sobreviven después del trasplante, todo esto por clon y especies.

6) *Enraizado por trincheras.*

Un método de enraizamiento que desde hace muchos años se ha utilizado en nuestro país, es aquel en que las estacas obtenidas son enterradas en el suelo durante varios meses (época fría del año), proporcionando así la formación natural de las raicillas en las estacas. Aunque no es muy recomendable por ser poco segura y requerir de mayor tiempo, esta técnica probablemente pueda funcionar para aquellas especies de madras bofas, en donde tradicionalmente se sabe que tienen la facultad de enraizar sin grandes requerimientos.

La técnica consiste de los siguientes pasos:

- Las estacas se obtienen en la estación de reposo vegetativo (finales de otoño o invierno) de brotes de crecimiento de la estación anterior.
- No se deben elegir ramas con estrenudos muy largos o de ramas pequeñas, las mejores estacas se obtienen de las partes centrales y bases del árbol.
- El tamaño puede variar pudiendo ser desde 15 hasta 75 cm de largo.
- La estaca debe incluir cuando menos 2 nudos, siendo lo recomendable de 4 a 6.
- El corte basal se hace justo a bajo de un nudo, el corte superior se realiza uno 2 ó 3 cm arriba del otro nudo.

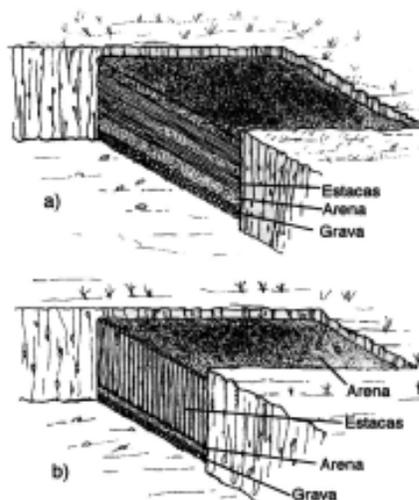


Fig. II.38 Enraizamiento de estacas en trincheras: a) colocación horizontal de estacas; y b) colocación vertical (Tomando de De la Cruz, et al 1987).

- Una vez que las estacas se obtienen se lleva a la fosa de enraizamiento.
- La fosa se hace por abajo del nivel del suelo aproximadamente 30 cm de profundidad (Figura II.38).
- Las estacas se colocan en la fosa horizontalmente, cuidando que las puntas queden hacia el mismo lado (Figura II.38).
- Otra forma de colocar las estacas en la fosa es poniéndolas verticalmente pero en posición invertida, es decir la parte basal queda en la parte superior de la fosa, cuidando que éstas estén unos cuantos centímetros por abajo del nivel del suelo (Figura II.38).
- Posteriormente las estacas se almacenan en la fosa bajo condiciones de humedad y frío, lo cual se logra cubriéndolas con arena o aserrín húmedos.
- Cuando las estacas se colocan horizontalmente se pueden poner varias capas sobrepuestas.
- Cuando la arena tiene poca capacidad de retención de agua es necesario regar la fosa de manera frecuente, por ello lo más recomendable es utilizar arena muy fina o bien turba, vermiculita, perlita y otras.
- Al llegar la primavera, época en que se deben plantar, las estacas se sacan de la fosa y se trasplantan al sitio definitivo, cuidando realizar su siembra en la posición correcta (11, 35).

c) Selección clonal.

La micropropagación y propagación vegetativa permiten emplear técnicas de selección y mejoramiento de las características favorables de las plantas a través de la selección clonal (1).

Existen fundamentalmente dos técnicas de clonación.

- Buscar en el medio natural de las plantas aquellos individuos que presenten las características deseadas en forma óptima, y tomar de esos árboles los meristemos o segmentos para propagarlos vegetativamente, obteniendo así muchos individuos con las características deseadas (1).
- Recolectar semillas, segmentos o meristemos de una o varias poblaciones de las especies que se desea propagar. Posteriormente, se propaga este material ya sea por micropropagación o por estacas. En el vivero el material propagado se somete a condiciones desfavorables para elegir aquellas plántulas que presenten las mejores condiciones deseada, ya sean más resistentes a insolación, falta de agua, crecimientos más rápidos, producción de forraje, o cualquiera de las características que se desea seleccionar. Finalmente, se escogen las plantas que presentaron las mejores características, según sea el caso, y se utilizan para propagarlas vegetativamente y así obtener individuos mejorados.

Las características que pueden mejorarse por estas técnicas cubren un amplio rango de posibilidades como son. La resistencia de las plantas a la temperatura, a la sequía, a crecer en suelos pobres o con características indeseables (alta

acidez, alcalinidad, salinidad, etcétera): Por otra parte, también es posible mejorar el rendimiento de forrajes y/o frutos, su sabor y calidad nutritiva, la velocidad de crecimiento, la calidad de la madera y la concentración de compuestos de los árboles con importancia en la industria o farmacia como gomas, látex, resinas, etcétera.

Evidentemente, la puesta en práctica de un programa de tal naturaleza requiere de numerosos estudios que incluyan la exploración de las distintas poblaciones de las especies deseadas en su medio natural, la selección cuidadosa de las características a reproducir y los ensayos en vivero de las diferentes condiciones estresantes que sobre los clones se probarán; todo esto acompañado de monitoreo y evaluaciones cuidadosas. Asimismo, se requiere de un laboratorio, viveros e invernaderos que tengan la infraestructura necesaria para poder llevar a cabo los ensayos y selecciones de las características deseables, así como para poder multiplicarlos.

Las ventajas que estas técnicas de propagación muestren, las hacen muy atractivas para ser usadas en la producción masiva de especies difíciles de propagar y con fines de mejoramiento, lo cual favorece poder establecer plantaciones con individuos de características específicas.

Sin embargo, existen algunas consideraciones que tienen que ser tomadas en cuenta para no incurrir en errores que a la larga puedan llevar a resultados inadecuados. Por ejemplo, algunas personas consideran que la forestería clonar dará origen a rodales biológicamente uniformes, con riesgo de ser destruidos por ataques de insectos, patógenos y otros peligros; esta idea parte de la concepción que para reemplazar o establecer un cultivo perene exitosamente, es necesario considerar el papel tan importante que juega la diversidad genética, que de manera natural se obtiene por reproducción sexual de los individuos que dan origen a las semillas (37, 38). Ejemplos de esta naturaleza se han presentado ya en varias especies de frutales, en donde el abuso causó una alta susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades y en consecuencia se tuvo que regresar a la propagación de individuos a través de semillas (35).

Otro de los factores que también debe tomarse con precaución, es el hecho que las estacas enraizadas pueden tener sistemas radiculares inferiores a los ganaderos por plántulas obtenidas de semillas. Este hecho puede ocasionar que las plantas establecidas por estacas sean más susceptibles de sufrir volcamiento por efecto del viento. No obstante esto, se menciona que poco se conoce de los procesos fisiológicos que afectan la diferenciación de las raíces verticales y horizontales, por lo cual hasta el momento no se conoce que los árboles clonales presenten un sistema radical deficiente en su diferenciación (37, 38).

Por otra parte, la obtención de individuos y plantaciones con crecimiento rastrero o plagiotrópico (lateral), también ha sido objeto de críticas; sin embargo, se menciona que este tipo de problemas se producen por una mala elección de los brotes de donde se obtienen las estacas (37, 38).

Evidentemente todos estos riesgos deben ser evaluados con cuidado, dado que el uso de estas técnicas en el establecimiento de plantaciones forestales apenas están en desarrollo y se requieren promover investigaciones que permitan hacer uso de la silvicultura clonal con todas sus ventajas, manejando e introduciendo una alta variedad de clones, y realizando su seguimiento y evaluación, tanto en vivero como en las plantaciones establecidas.

15 CONCLUSIÓN

Es importante que en nuestro país se desarrollen todas las opciones que existen para propagar especies nativas, ya que la gran diversidad de recursos forestales con los que aún se cuenta, deben ser utilizados y revalorados, lo cual favorecería no sólo a la conservación de la biodiversidad de nuestros recursos, sino también facilitaría la recuperación de la gran cantidad de áreas deforestadas.

La puesta en práctica de un programa nacional de reforestación, que en realidad puede coadyuvar el mejoramiento y conservación de los recursos naturales, debe considerar la propagación, de especies nativas adaptadas a la gran diversidad de ambientes existentes en nuestro país. Se deben considerar integralmente las diferentes metodologías de propagación (propagación por semillas, clonal y/o vegetativa), además de la domesticación en vivero y laboratorio de una gran cantidad de especies susceptibles de ser propagadas masivamente y utilizarlas en los programas de reforestación. Las herramientas esenciales para la propagación de especies nativas fueron ya presentadas y sólo requiere contar con recursos económicos y humanos para la investigación, que se dirijan a conservar el germoplasma nacional, y a la generación de técnicas que permitan incorporar la gran gama de recursos biológicos con los que cuenta nuestro país.

Evidentemente esto implica contar con recursos financieros para la investigación, capacitación e infraestructura de viveros rústicos, centrales y estatales y para la generación de laboratorios y bancos de germoplasma estatales y nacionales, que aseguren la producción de las plantas (número, talla, calidad y especie) que la reforestación demanda. Si un programa de tal magnitud logra establecerse en nuestro país, los resultados de las plantaciones serán más exitosos de los que hasta la fecha se han obtenido en los programas de reforestación con especies exóticas.