

Germinación y manejo de especies forestales tropicales

Silvia del Amo Rodríguez
María del Carmen Vergara Tenorio
José María Ramos Prado
Carmina Saiz Campillo



Universidad Veracruzana
Dirección General Editorial

Esta obra se encuentra disponible en Acceso Abierto para copiarse, distribuirse y transmitirse con propósitos no comerciales. Todas las formas de reproducción, adaptación y/o traducción por medios mecánicos o electrónicos deberán indicar como fuente de origen a la obra y su(s) autor(es).

Se debe obtener autorización de la Universidad Veracruzana para cualquier uso comercial.

La persona o institución que distorsione, mutile o modifique el contenido de la obra será responsable por las acciones legales que genere e indemnizará a la Universidad Veracruzana por cualquier obligación que surja conforme a la legislación aplicable.

Germinación y manejo de especies forestales tropicales

UNIVERSIDAD VERACRUZANA

Raúl Arias Lovillo

Rector

Ricardo Corzo Ramírez

Secretario Académico

Víctor Aguilar Pizarro

Secretario de Administración y Finanzas

Agustín del Moral Tejeda

Director General Editorial

Silvia del Amo Rodríguez
María del Carmen Vergara Tenorio
José María Ramos Prado
Carmina Saiz Campillo

Germinación y manejo de especies forestales tropicales



Universidad Veracruzana
Dirección General Editorial

Universidad Veracruzana
Xalapa, Ver., México, 2009

Diseño de portada: Edith López Salazar a partir de un dibujo de Vladimir Rivera Jiménez
Diseño de interiores: Pedro Gaspar
Ilustración: Vladimir Rivera Jiménez

Clasificación LC:	SD147 G47 2009
Clasif. Dewey:	634.920972
Título:	Germinación y manejo de especies forestales tropicales / Silvia del Amo Rodríguez, María del Carmen Vergara Tenorio, José María Ramos Prado, Carmina Saiz Campillo.
Edición:	1a. ed.
Pie de imprenta:	Xalapa, Veracruz, México : Universidad Veracruzana, 2009.
Descripción física:	250 p. : il. ; 23 cm.
Nota general:	Glosario: p. 217-230.
ISBN:	9786077605577
Materias:	Administración de bosques tropicales--México. Viveros forestales--México. Germinación--México.
Autores secundarios:	Amo R., Silvia del (Amo Rodríguez) Vergara Tenorio, María del Carmen. Ramos Prado, José María. Saiz Campillo, Carmina.

DGBUV 2009/27

Primera edición, 14 de septiembre de 2009

© Universidad Veracruzana
Dirección General Editorial
Hidalgo 9, Centro, Xalapa, Veracruz
Apartado postal 97, CP 91000,
diredit@uv.mx
Tel/fax (228) 818 59 80; 818 13 88
Xalapa, Ver., 91000, México

ISBN: 978-607-7605-57-7

Impreso en México
Printed in México

INTRODUCCIÓN

La selva alta y mediana subperennifolia, también conocida como bosque tropical perennifolio, tuvo en nuestro país una distribución comprendida desde la región Huasteca, al sureste de San Luis Potosí, norte de Hidalgo y Veracruz hasta Campeche y Quintana Roo, abarcando porciones de Oaxaca, Chiapas y Tabasco. En la actualidad, la destrucción y el disturbio de este tipo de vegetación provocan que únicamente existan superficies pequeñas, poco representativas en áreas destinadas a zonas de reserva biológica. Aun así, la composición florística del bosque tropical perennifolio es muy variada y rica en especies, sobre todo de elementos arbóreos. Hay también una buena representación de epífitas y lianas, las cuales confieren a estas comunidades vegetales su particular fisonomía (Rzedowski y Equihua, 1987). La mayoría de los ecosistemas tropicales y subtropicales del mundo son destruidos a velocidades alarmantes y muchas especies están en peligro de extinción (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). De acuerdo con el Inventario Nacional Forestal (SARH, 1994), sólo el 29% del territorio nacional se encuentra cubierto por algún tipo de vegetación. De esta superficie alrededor de 56.6 millones de ha están cubiertas por bosques y selvas y otros 22.1 millones de ha tienen bosques con distintos grados de deterioro, sin cobertura vegetal o forestal importante. De las hectáreas remanentes de selva, 30.2 millones (54%) son bosques de zonas templadas y 26.3 millones de ha (46%) son selvas y bosques tropicales secos.

La tasa de deforestación de zonas tropicales aumentó de 11.3 millones de ha durante 1981-1985 a 16.9 millones en los últimos años de la década pasada (Ortiz-Espejel y Toledo, 1998). Los factores que más contribuyen a esta situación son la falta de estímulos para la producción en el sector rural, así como la aplicación de políticas forestales equivocadas. Éstos ocasionan una crisis económica que obliga a las comunidades a buscar alternativas de sobrevivencia y a realizar grandes proyectos que sólo han devastado las zonas tropicales. En gran medida, estas actividades provocan el cambio de uso del suelo y la disminución de la cobertura vegetal en esas zonas. Los ecosistemas tropicales se caracterizan por ser los más diversos, complejos y al mismo tiempo los más frágiles de la naturaleza. La exuberancia de estas zonas despertó desde los poderes coloniales del mundo, una ambición desmedida por la explotación de los recursos de dichos ecosistemas. Esta falsa visión suscita una actitud minera de explotación de los recursos naturales, misma que impacta e imposibilita la renovación de los mismos y prevalece hasta nuestros días. La situación actual de las selvas requiere de nuevos modelos que concilien la conservación con la producción, y que permitan el sostén de las poblaciones locales, esto necesariamente se logra con acciones de conservación, protección, producción, aprovechamiento y restauración de los recursos naturales. Existen tres posiciones diferentes con respecto al significado de la restauración ecológica. La fundamentalista que consiste en considerar a la restauración como un regreso a las condiciones existentes de las comunidades naturales originales de cada región; una segunda que privilegia la práctica donde las actividades productivas se dirigen a recuperar las principales funciones ambientales del ecosistema original para mantener la fertilidad y conservación del suelo y del agua; la tercera da prioridad a la restauración del paisaje, donde se busca desarrollar un paisaje atractivo y saludable para reemplazar al que no lo es, por ejemplo, en un relleno sanitario (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999).

La restauración ecológica implica el rescate de prácticas de manejo de recursos tradicionales como una alternativa para implantar sistemas productivos biodiversos, reuniendo el conocimiento empírico

con el científico. Estos sistemas de manejo constituyen las acciones prioritarias a desarrollar y la clave para su uso sostenible. Para promover estos procesos resulta indispensable el rescate de especies nativas útiles, promoviendo su propagación masiva, ésta tiene varias aplicaciones: 1) rescatar especies en peligro de desaparición mediante la preservación, conservación y mantenimiento de germoplasma nativo; 2) disponer de plántulas para fines de restauración ecológica y reforestación de áreas degradadas y 3) establecer plantaciones mixtas de especies nativas con potencial económico, así como sistemas agroforestales.

El empleo de especies nativas para fines de restauración representa algunas ventajas. Una de ellas es que las especies nativas están adaptadas al ambiente ocupando un nicho ecológico disponible, además de ser más valiosas desde el punto de vista ecológico que las especies exóticas. También, especialmente en la restauración, constituyen el camino para la conservación de la flora nativa, además de ser más resistentes a las enfermedades, así, cuando existe la necesidad de una gran cantidad de semillas, las especies nativas son fuente de germoplasma inmediato de buena calidad y de menor costo. Por último a gran escala, ya se tiene un conocimiento general de los enemigos naturales de las especies nativas, lo cual contribuye a un mejor manejo en plantaciones (Vázquez-Yanes y Batis, 1996).

El Centro de Investigaciones Tropicales (Citra) de la Universidad Veracruzana y el Programa de Acción Forestal Tropical (Proaft) A.C., desde el año 2003, llevan a cabo varios proyectos de investigación en la zona totonaca. Éstos tienen como objetivo fundamental la restauración ecológica en colaboración con la población local, como condición obligada para su éxito. Esta posición implica objetivos ecológicos y educativos. Con el aspecto educativo se busca crear soluciones que las poblaciones locales puedan aplicar, para lo cual es importante la elaboración de materiales prácticos que acerquen a los campesinos a las técnicas fundamentales para la propagación de plantas. Los viveros constituyen un excelente ejemplo de la gama de posibilidades existentes para emprender la propagación de especies nativas. El establecimiento de viveros forestales puede hacerse en instalaciones

básicas de tipo rústico para poder utilizarlos en la propagación comunitaria, y éstos permitan a los propietarios considerar la producción de especies nativas como una opción económica viable que les ayude a conservar y mantener la vegetación de su región.

La posibilidad de constituir viveros con especies nativas depende del conocimiento que se tenga sobre el manejo de viveros y la biología de las especies. Por lo tanto, este libro constituye una guía para el establecimiento de viveros, germinadores y parcelas de especies nativas. Representa, además, un apoyo para lograr y fomentar el uso de tales especies. A lo anterior hay que agregar el conocimiento que tienen los pobladores de la zona de las especies. Un aspecto fundamental es que el establecimiento de viveros favorece el rescate del conocimiento local. De la información necesaria para la propagación de especies nativas en viveros sobresalen los aspectos de la germinación y el crecimiento, identificación de especies, los aspectos de su ciclo biológico y los datos sobre su fenología, especialmente sobre la producción de semilla, la información sobre la latencia de las mismas, la duración de su viabilidad bajo condiciones naturales y experimentales, sus patrones de germinación, tales como su velocidad y capacidad germinativa, solamente por citar las más importantes. Este documento ofrece sugerencias para obtener esta información.

Tal como se ha expuesto, la restauración es una actividad fundamental para mantener nuestras áreas naturales, el éxito de ella está estrechamente relacionado con la intervención de la población local organizada con la actividad de viveros y con el rescate de las especies nativas. La acción de restaurar no es la misma que la de reforestar. La restauración implica recuperar las especies locales para volver a plantarlas en áreas impactadas y utilizarlas de manera versátil. En contraste, la reforestación no conlleva necesariamente al uso de especies nativas y, por lo tanto, a la conservación de la biodiversidad del lugar. Así, con el fin de introducir al lector en los conocimientos necesarios para dedicarse a la tarea de rescatar y reproducir especies nativas, el libro que se presenta a continuación es un instrumento útil tanto para técnicos, campesinos, empresas, estudiantes y personas interesadas en el conocimiento y manejo de las especies nativas de la zona toto-

naca. También se explican los fundamentos para establecer viveros forestales rústicos y técnicas de manejo para especies forestales.

El libro contiene información básica que se organiza de la siguiente manera: el capítulo 1 describe los diferentes tipos de viveros que se pueden establecer en las zonas rurales. El capítulo 2 trata sobre la selección de semillas como fuente de germoplasma, de sus características y tratamiento al que se someten antes de su germinación. El capítulo 3 muestra los aspectos que deben tomarse en cuenta para realizar el proceso de germinación, los factores a controlar y los tratamientos para romper la latencia de las semillas y el uso de estacas para la propagación. Además se incluye una guía con lineamientos generales para realizar pruebas de germinación con especies poco conocidas. El capítulo 4 aborda el tema de los sistemas agroforestales y sus beneficios económicos y ecológicos. El capítulo 5 contiene la metodología para establecer parcelas demostrativas, así como su replicación por los pobladores de otras comunidades y probar que, mediante el establecimiento de este tipo de sistemas, es posible conservar los recursos naturales y así obtener un beneficio económico. Finalmente en el capítulo 6 están contenidas varias especies nativas de la zona totonaca considerando la descripción botánica, localización geográfica y los usos reportados. Asimismo, se anexa un glosario de acrónimos y siglas con el fin de ayudar al lector a entender algunas palabras relacionadas con los temas tratados. Esperamos que los interesados hagan suyas las actividades aquí descritas y que este libro sea un recurso para facilitar la multiplicación de experiencias sobre especies nativas tanto de la zona totonaca veracruzana, como del resto del estado y del país en general; también queremos destacar que este libro es parte del proyecto Restauración campesina en cinco ejidos de la zona totonaca mediante actividades de agroforestería, Conafor-Conacyt (2002-C01- 6107) (Conafor-0201-040800-0010) del Fondo Sectorial Conafor-Conacyt otorgado al Proaft, del que los autores son miembros.

Y por último, pero no por eso menos importante, agradecemos la participación técnica del doctor Aníbal Niembro Roca, así como la revisión y participación del doctor José Trinidad Vázquez.

1. VIVEROS

¿Por qué son importantes los viveros?

La fuerte presión que hay sobre los bosques naturales se debe al crecimiento de la población, a la demanda de alimentos y a las políticas de estado inadecuadas. El incremento constante en el cambio de uso de suelo del bosque hacia la agricultura y la ganadería, ha resultado en una pérdida considerable de la cubierta forestal y en la proliferación de problemas ambientales como la disminución de diversidad biológica, especialmente de flora y fauna, así como la de servicios ambientales. Otras consecuencias son una baja captación de agua, cambios climáticos globales y alteraciones de los ciclos ecológicos, sólo por citar los más importantes. Estos cambios ocasionan que los suelos se vuelvan improductivos, altamente deteriorados y de muy difícil recuperación.

Una de las estrategias más efectiva para mitigar el daño generado por tales acciones es la propagación de especies nativas. Dicha propagación empieza forzosamente con el establecimiento de viveros locales, los cuales además de considerarse como una actividad primordial para la restauración, también deben ser vistos como una actividad económicamente productiva. Por lo que los viveros locales constituyen una herramienta para mejorar el ambiente y la economía de las comunidades. De tal forma que el conocimiento sobre la producción en viveros es un instrumento que brinda a las comunidades locales y al público

en general, la oportunidad de realizar actividades relacionadas con la producción y propagación de plantas. En este proceso se deben involucrar poco a poco a las poblaciones y a las autoridades locales y de otros órdenes de gobierno de forma corresponsable. Solamente así lograremos restablecer el equilibrio ecológico en nuestras áreas forestales degradadas. En las siguientes secciones se determinan las bases para el establecimiento de viveros locales.

Tipos de viveros

El vivero es un conjunto de instalaciones cuyo propósito fundamental es la producción de plantas para abastecer las demandas de los programas de reforestación y la restauración o el arreglo estético del paisaje (Arriaga *et al.*, 1994). La producción de material vegetativo local constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar masivamente especies útiles. Un vivero forestal debe cumplir tres objetivos: 1) cubrir la demanda de planta requerida en la zona; 2) ofrecer una planta de calidad adecuada y 3) proporcionar planta a un costo razonable (Navieras, 1997). Especialmente en las zonas rurales, los viveros deben abatir el costo de las plantas sin poner en riesgo la calidad de las mismas.

Los viveros pueden funcionar como fuente productora de plantas y como un laboratorio de investigación de especies nativas, ya que no existe información sobre la germinación y el crecimiento de las mismas. Otra ventaja de los viveros locales es que funcionan como bancos temporales de germoplasma y de plántulas de las especies del lugar. Esto permite tener acceso constante a las diferentes especies para caracterizarlas, seleccionarlas y manejarlas, al mismo tiempo que se diseñan, conocen y adecuan técnicas sencillas para su propagación masiva. Finalmente, los viveros locales son sitios para capacitar a la población y ayudar a la formación de promotores a nivel regional. Arriaga y colaboradores (1994) señalan que los viveros son temporales o permanentes; de acuerdo con su producción pueden ser a raíz desnuda o en contenedores y, además, ser controlados, semicontrolados, mínimamente controlados o rústicos (cuadro 1).

**Cuadro 1. Características de los viveros temporales y permanentes
(Arriaga *et al.*, 1994)**

<i>Viveros temporales</i>	<i>Viveros permanentes</i>
Área de instalación: de difícil acceso pero cerca de la zona de plantación.	Área de instalación: extensión de terreno permanente dedicado a la obtención de plantas con diferentes fines.
Se establecen en claros de bosque.	Se establecen en áreas rurales o centros urbanos.
Requieren poca infraestructura: baja inversión.	Son de bajo costo de instalación y se mantienen con una infraestructura fija mínima.
Sólo pueden implementarse en zonas de bosques templados y selvas húmedas y secas.	Deben contar con vías de acceso para satisfacer oportunamente la demanda de plantas.
Duran de 2 a 4 años y deben coincidir con épocas de lluvia para la producción estacional de plántulas.	Duran un tiempo ilimitado.
Producen varias especies al año pero en pocas cantidades. Algunos sólo producen 1 o 2 especies con un método (envase o raíz desnuda).	Producen planta de varias especies y variedades (estructura, edades, etcétera).
Reduce el costo de producción y problemas de transporte.	También produce semillas.
Plántulas mejor aclimatadas a la zona.	El costo es reducido en relación con el beneficio obtenido en la producción a gran escala.
Menos daño al transportarlas.	Permite el entrenamiento del personal.

Vivero en ambiente semicontrolado

Estos viveros están diseñados para controlar sólo ciertos aspectos del ambiente. Para su construcción se utiliza la malla media sombra, lo que da como resultado que sean de construcción y operación barata, aunque existe una variación significativa entre los diferentes tipos de estructuras, como son las siguientes:

1. *Invernaderos de paredes móviles*: son una modificación de los invernaderos tradicionales, cuya característica principal es que cuentan con un techo permanente y transparente, con paredes móviles que pueden ser enrolladas o abiertas hacia el lado opuesto (Hahn, 1982). Este diseño permite una flexibilidad considerable en el control del ambiente. En el techo se puede usar tela transparente o de malla sombra para producir una gran variedad de condiciones de luz dentro del ambiente de propagación.
2. *Casas sombra*: estos sistemas han encontrado una gran aceptación en climas tropicales y subtropicales, donde la intensidad de la luz solar es muy alta para las plántulas, y las lluvias torrenciales y vientos intensos pueden dañar al cultivo (Landis *et al.*, 1994). La malla sombra de tela blanca ayuda a mantener un ambiente fresco mediante el reflejo de la luz solar.

Vivero rústico

Vivero rústico comunal: es establecido a través de la cooperación de dos o más agricultores de una comunidad, a fin de abastecerse de las plantas que necesitan en su finca o comunidad en general. En la actualidad este tipo de vivero es utilizado tanto por pequeños productores de zonas rurales, como por pobladores de zonas urbanas y suburbanas. En general, los pequeños productores que incorporan esta tecnología poseen predios pequeños atrás de su casa y estos sistemas productivos están orientados principalmente para el autoconsumo; una vez satisfecho el consumo familiar, los productores pueden comercializar el resto de la producción en el mercado local (Picado, 1987).

Vivero rústico familiar: con el esfuerzo familiar se establece para producir las plantas requeridas para cubrir las necesidades de su finca. Se caracteriza por ser un vivero pequeño cuya producción no sobrepasa los 1 500 árboles; se establece en un ambiente familiar y casi siempre muy cerca de la casa. A diferencia del anterior, las labores de mantenimiento están a cargo de los miembros de la familia (Picado, 1987).

El establecimiento de viveros rústicos, ya sean comunales o familiares tiene como objetivo la producción local de plantas de buena calidad. Generalmente para su construcción se emplean troncos o vástagos de plátano u otras especies tropicales maderables de rápido crecimiento, sobre los cuales se apoyan las bolsas de plástico o las camas de germinación (Picado, 1987). Un buen vivero temporal se puede instalar con un mínimo de elementos (Castaño y Moreno, 2004):

1. Camas de germinación o bancos de propagación.
2. Lugar especial para el trasplante.
3. Camas de crecimiento provistas de sombra artificial o con libre exposición a la luz.
4. Una instalación para almacenar agua de riego (por ejemplo, un tanque, un aljibe, una pequeña represa, un pozo o un tinaco).
5. Algunas herramientas básicas (pala, pico, rastrillo, machetes, carretilla, regadera, etc.) y un sitio donde guardarlas.
6. Una cerca que impida el acceso de los animales.

Antes de establecer un vivero es necesario realizar los siguientes trabajos (Castaño y Moreno, 2004):

- a) Limpiar el terreno manualmente y sin usar fertilizantes. La limpieza debe realizarse como si se estableciera un cultivo de ciclo corto (maíz o frijol).
- b) Deshierbar y eliminar los tocones.
- c) Arar el terreno para facilitar la nivelación del suelo.
- d) Delimitar los caminos y la ubicación de las camas de germinación y crecimiento.

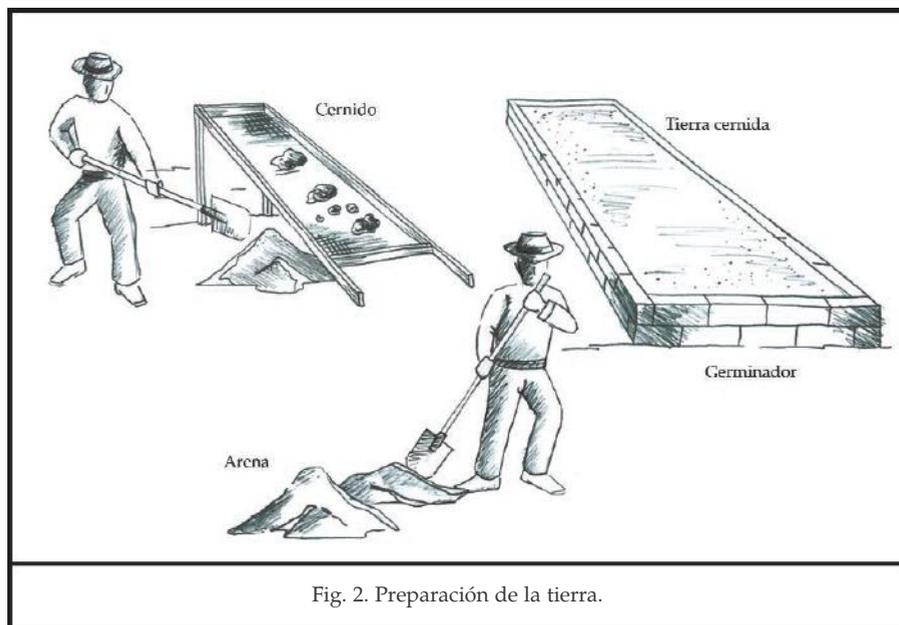
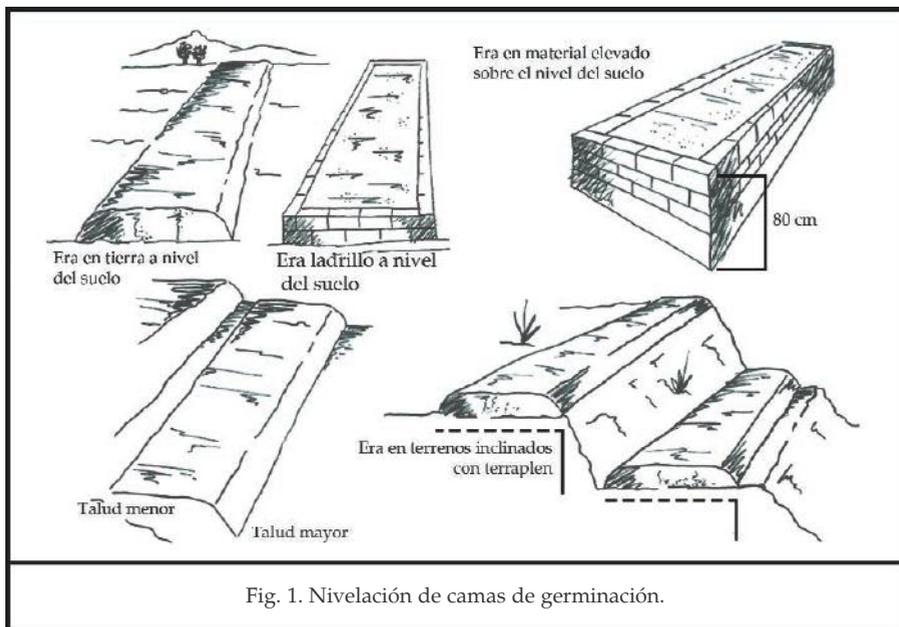
- e) Colocar las camas de crecimiento y semilleros en dirección este-oeste para conseguir una mayor sombra.
- f) Trazar un camino alrededor del vivero de aproximadamente 1.20 m de ancho.
- g) Trazar un camino central orientado en dirección norte-sur y en el cual deben converger perpendicularmente las camas y los caminos secundarios.
- h) Retirar la capa vegetal de los caminos y de todos los sitios no previstos para siembra, para posteriormente usarla como tierra para las plantas o semillas del vivero.

Camas de germinación

En cada cama de germinación o almácigo se colocan las semillas para iniciar su proceso germinativo. Se sugiere ubicar todas las camas de germinación en un área determinada, pues de esta manera el manejo y mantenimiento de ellas es más sencillo. En algunos viveros, las camas de germinación se ubican a nivel del suelo o sobre el nivel del suelo a una altura de aproximadamente 80 cm. La longitud de las camas de germinación cambia, dependiendo de los espacios que tenemos disponibles; generalmente ésta varía entre 10 y 20 m y tienen un ancho de 1 m (Uncader, 2001). En caso de que el vivero se localice en un terreno con pequeñas pendientes, se debe ajustar la inclinación de los desniveles para asegurar que las camas de germinación se encuentren en una posición plana (fig. 1).

Las camas de germinación se llenan con una mezcla de 2 tantos de tierra negra y 3 tantos de arena, con el fin de mejorar la textura de la tierra y para que la raíz se desarrolle mejor, lo que ayuda a que el agua se absorba más rápido y se evite la aparición de hongos que afecten la germinación de las semillas (Padilla, 1983) (fig. 2).

Si las camas de germinación se van a colocar sobre el suelo del vivero, éste debe removerse y desbaratarse los trozos macizos de tierra para que el suelo quede blando. También hay que eliminar los espacios con aire, para evitar la formación de huecos y optimizar el uso de la cama de germinación; se trazan las camas semilleras con ayuda de brújula, estacas, cordel, etc., quedando uno o varios rectán-



gulos hasta de 10 m de largo por 1.20 m o 1.50 m de ancho. Se deja entre ellos un espacio de 1 m para permitir el paso de una persona con carretilla o dos cubos o baldes de agua. Cuando están listas, se les pasa una vara o algo plano por encima de la tierra y se apisona ligeramente para eliminar los espacios con aire que puedan quedar e impedir el buen humedecimiento de las semillas o el crecimiento de las raíces (Padilla, 1983). Para ilustrar este procedimiento se muestra una secuencia de las acciones antes mencionadas (fig. 3).

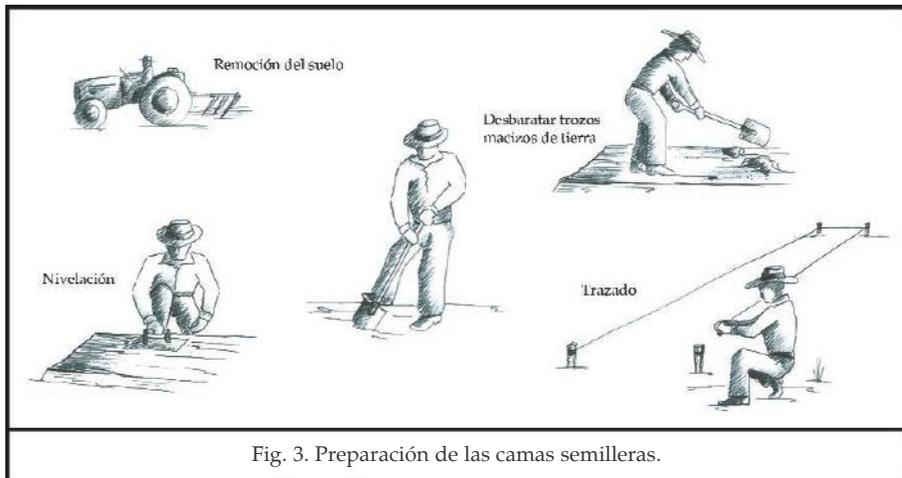


Fig. 3. Preparación de las camas semilleras.

También es posible realizar el proceso de germinación en contenedores ubicados bajo sombra o cubiertos con malla sombra para protegerlos y lograr condiciones ambientales mínimamente controladas. De esta manera se realizan algunos viveros forestales en comunidades de la zona totonaca como Coxquihui y Zozocolco de Guerrero (fig. 4).

Camas de crecimiento

Cuando las semillas han germinado, deben cambiarse de recipiente y en la mayor parte de los casos de lugar, a fin de prepararlas para su futuro desarrollo en el campo. A estas áreas, donde se van a colocar



Fig. 4. Germinación en viveros rústicos (Proaft, 2003-2006).

las plántulas para que terminen de crecer y desarrollarse, se les llama camas de crecimiento. Normalmente se diseñan de 1 m de ancho y con longitudes variables. Se pueden delimitar con estacas y cordones (fig. 5), pues dentro de ellas se van a colocar las bolsas de polietileno donde se van a trasplantar las plántulas recién germinadas. Las camas de crecimiento se deben orientar de este a oeste para tener una distribución homogénea de la luz (Padilla, 1983).

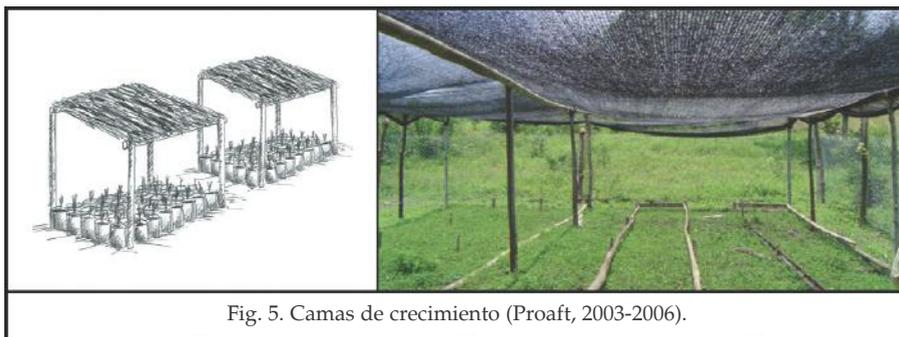


Fig. 5. Camas de crecimiento (Proaft, 2003-2006).

Sombras

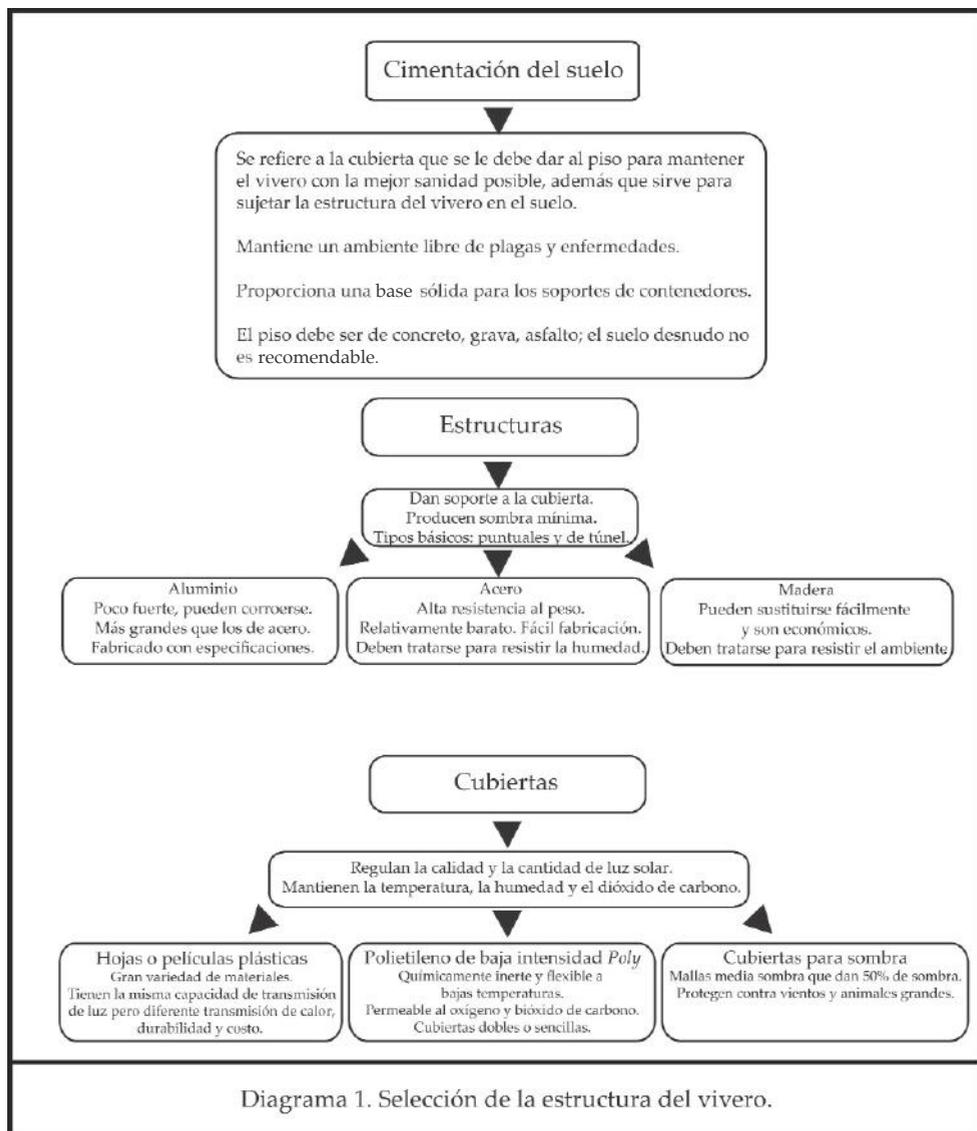
En los viveros se utilizan “sombras” para evitar la muerte de las plántulas recién trasplantadas, por acción de la insolación y/o evapotranspiración excesivas. Las sombras se hacen acomodando soportes de madera o fierro en el borde de la cama de crecimiento. A la altura deseada se coloca en forma horizontal, soporte a soporte, una cuerda de alambre galvanizado sobre la cual se extiende una estera de caña o carrizo tejido con rafia o hilo de cáñamo (Padilla, 1983) (fig. 6). Ésta sostiene al “techo” que puede ser de carrizo, zacate, hojas de palmas o malla sombra, como se ponen en los viveros rústicos de las zonas tropicales del país.



Fig. 6. Sombras para camas de crecimiento (Proaft, 2003-2006).

Selección de la estructura

Para el establecimiento de los viveros, tanto semitecnificados como rústicos, se seleccionan distintos materiales dependiendo de las necesidades y disponibilidad, así como de los objetivos planteados. Además, deben cubrirse ciertos requisitos estructurales como son: una estructura para soportar con seguridad las cargas del diseño; regular la cantidad de luz solar; proteger al cultivo de condiciones adversas como plagas y enfermedades; así como permitir un acceso fácil para el manejo de materiales y plantas (Landis *et al.*,1994). En el diagrama 1 se muestran los criterios y requisitos necesarios para establecer una estructura adecuada del vivero. Por ejemplo, para los viveros se deben considerar los materiales para la cimentación del piso del vivero, la estructura y la cubierta.



También es conveniente utilizar materiales locales para no generar un gasto extra y aprovechar los recursos del lugar, tal como se hizo en los viveros rústicos establecidos en la zona totonaca veracruzana (fig. 7).



Fig. 7. Material para la estructura del vivero rústico (Proaft, 2003-2006).

Infraestructura del vivero

De manera ideal, el vivero debe contar con otras áreas además de las destinadas para la propagación o producción de plantas. Según Landis y colaboradores (1994), las instalaciones de un vivero exitoso incluyen un área principal de operaciones, de almacenamiento y oficinas. Aunque estas áreas pueden ser poco viables para viveros rústicos, los viveros semitecnificados las pueden incorporar. Conforme los viveros rústicos, comunales o familiares se van haciendo más comerciales requieren de mejor infraestructura para trabajar más eficientemente.

Área principal de operaciones

Es el área de trabajo durante la siembra o empacado, el almacenamiento, la protección de equipo, la oficina y la zona de reparación. El tamaño y el diseño interior del área central de operaciones depende del tipo de actividades, tamaño y requerimientos de almacenamiento de cada vivero. Este lugar debe permitir un fácil acceso a los trabajadores y un eficiente manejo de materiales (Landis *et al.*, 1994).

Oficinas

Establecer un espacio destinado para oficinas pudiera parecer un lujo al diseñar un vivero; en realidad es muy importante al iniciar las actividades, incluso es posible acondicionar un espacio dentro del área principal de operaciones, para guardar algunas notas o archivos que se necesiten en la operación del vivero e, incluso, disponer de un lugar para hacer negociaciones con compradores o proveedores (Landis *et al.*, 1994). Estas instalaciones son útiles en el caso de viveros comerciales. En el caso de los viveros rústicos son relevantes, si se han convertido en viveros comerciales y donde es necesaria una zona de oficinas para manejar la administración de éste de la mejor manera.

Almacenamiento de planta

El material que se emplea para la propagación de especies forestales se puede considerar perecedero, lo cual implica un periodo de conservación limitado, por lo cual se recomienda una casa de sombra o un almacén de plantas listas para su trasplante. Este espacio ayudará a disminuir la temperatura con respecto a la que se tendría bajo la luz directa del sol. Dependiendo del material que se use, el porcentaje de luz solar se puede reducir entre 30% y 50%. Durante el tiempo de almacenamiento, la planta deberá recibir riego y protección. Estas casas de sombra son de carácter temporal, sin embargo, es importante contar con un área así, debido al tiempo que se necesita para colocar la planta con las personas interesadas en los programas de restauración (Landis *et al.*, 1994).

Diseño y orientación

Para tener un vivero apropiado, aun de tipo rústico, se requiere de un buen diseño que debe iniciar con un croquis sobre la ubicación de los distintos componentes del vivero. Estos esbozos deben realizarse a escala para facilitar correcciones. Hoy en día existen programas de

cómputo que permiten elaborar diseños simples. En éstos es importante considerar el manejo de contenedores, el espacio necesario para un movimiento eficiente de personas, materiales y plantas, tanto dentro del vivero como fuera. Cuando las actividades de propagación y producción se realizan a escala personal o familiar, el vivero requiere distancias muy cortas entre instalaciones, por lo contrario, si el vivero es comercial, las distancias entre las instalaciones son más grandes debido al volumen de la producción. En las zonas tropicales debe contarse con un área para almacenar suelo. También se sugiere incluir en el plano, en caso de tener la infraestructura, el sistema de riego que se va a utilizar, o bien tener un espacio en alto donde colocar un tanque para acumular agua en época de lluvia. Es relevante valorar dos tipos de estructuras:

1. *Estructuras a cielo abierto*: dado que este sistema no presenta restricciones externas de límites estructurales, su diseño es sencillo. Consiste en una amplia superficie dividida en secciones o lotes, cuyas dimensiones se determinan por la capacidad física y económica para instalar una cubierta sencilla. Debido a su condición a cielo abierto, el riego es un factor fundamental, por tanto deben tomarse en cuenta las necesidades y las capacidades de las personas a cargo del vivero, en este caso, considerar el número de miembros de la familia dedicados al mantenimiento (Landis *et al.*, 1994).
2. *Estructuras de propagación*: las camas de germinación y de crecimiento se pueden construir de cemento y colocarlas en alto y separadas de las paredes (30 a 60 cm) para facilitar la manipulación de las plantas y mantener los flujos de aire frío o caliente que descienden por los muros (Landis *et al.*, 1994).

Ubicación de las áreas de propagación y orientación de las estructuras

Las áreas de propagación y desarrollo son las zonas más importantes de un vivero, por lo que se les debe dar especial atención al ubicarlas en el terreno del vivero. Las áreas de crecimiento a cielo

abierto deben colocarse para recibir una mayor radiación solar y una menor exposición al viento. En caso necesario, se recomienda sembrar una cortina de árboles (cortina rompevientos) para abatir la pérdida de calor y proporcionar protección contra los efectos de las tormentas (Landis *et al.*, 1994). Como regla general, las áreas de crecimiento deben localizarse a una distancia de aproximadamente 2.5 veces la altura del objeto más cercano al sur, este y oeste (Walker y Duncan, 1974).

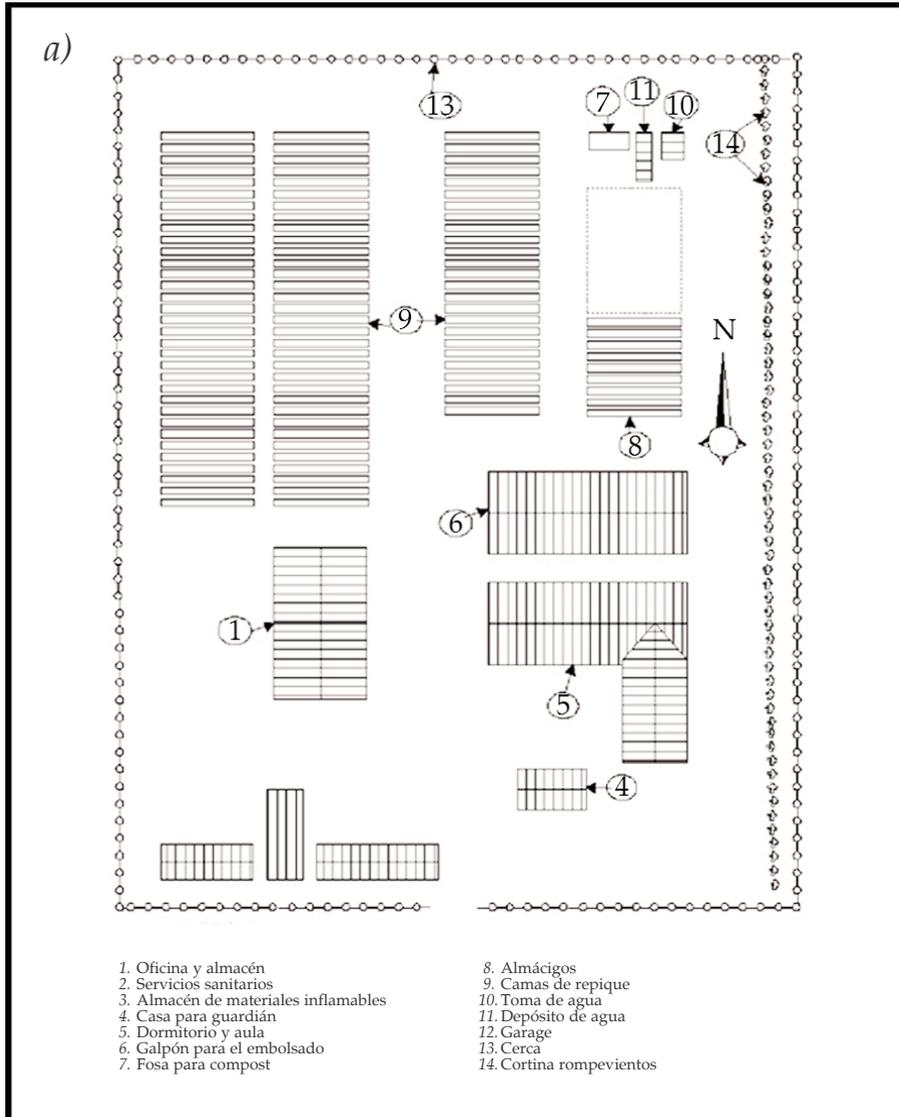
Las áreas de germinación deben ser de norte a sur dentro del vivero (Landis *et al.*, 1994), dado que en invierno se crean más sombras internas cuando el sol pasa los extremos de los muros (Nelson, 1991). Aun en zonas tropicales donde no hay un invierno fuerte, pero sí cambios en el movimiento del sol, el eje principal debe orientarse ligeramente hacia el noroeste. Por ejemplo, si el invernadero no recibe luz por la mañana, la estructura debe orientarse de noroeste a sureste. Los pasillos de acceso que conectan una serie de estructuras de propagación deben ubicarse en el lado norte. En relación con los vientos, es importante conocer la dirección de éstos, puesto que constituyen el factor de pérdida de calor en invierno, mientras que favorecen el enfriamiento en verano (Boodley, 1981). De esta manera si la producción del vivero se realizará en invierno, la estructura debe orientarse de frente a la dirección de los vientos predominantes.

Consideraciones biológicas

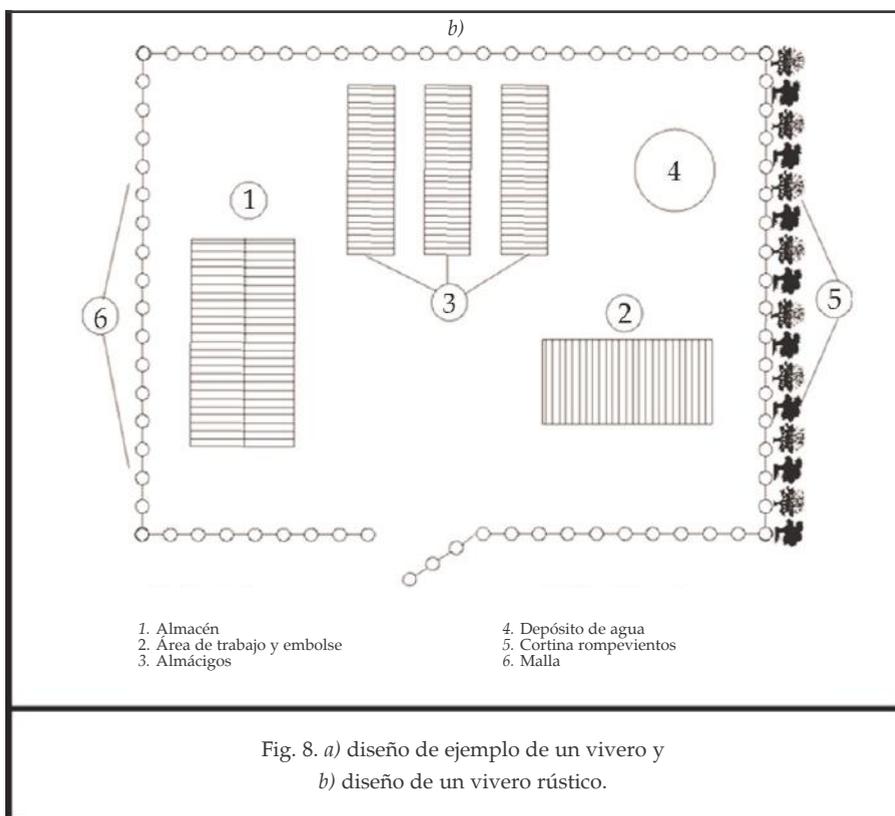
Tipo y tamaño del cultivo: para un buen manejo de las plantas es necesario conocer a las especies y a sus posibles enfermedades. Además, es importante considerar los tipos de sombra a utilizar, ya que el tamaño de la planta puede variar según la especie y/o en diferentes etapas de crecimiento de acuerdo con la cantidad de luz recibida.

Duración del periodo de producción: es el tiempo que transcurre entre la propagación de plantas dentro de un ambiente de producción hasta que alcanzan el tamaño y calidad adecuados para ser trasplantadas a otro lugar. Aunque existen variaciones entre especies, los siste-

mas de producción y el clima de la zona, es importante estimar una duración promedio del periodo de producción. Este tiempo promedio de producción determina el número y el tamaño de los ambientes de propagación que deben ser construidos (Landis *et al.*, 1994).



Las áreas de vivero descritas anteriormente se esquematizan en la figura 8. Este esquema representa de manera general las estructuras y zonas de trabajo necesarias para un vivero comercial tecnificado *a)* y para un vivero rústico *b)*. El vivero tecnificado comprende infraestructura como: una oficina, un almacén para materiales inflamables, servicios sanitarios, caseta de vigilancia, dormitorios, aula para la capacitación, área para el llenado de bolsas, área para la producción de composta, áreas para camas y almácigos y lugar para carga de plantas, entre otros. En el vivero rústico las zonas comprenden básicamente: un área de almácigos y camas, un área de llenado de bolsa y un área de almacén.



Es necesario aclarar que el diseño del vivero se debe adaptar a las necesidades de los usuarios y a sus presupuestos. Los viveros rústicos no requieren de infraestructuras elaboradas, ya que como los usuarios no viven en el sitio no necesitan de un equipo permanente de trabajo ni de áreas para el personal y para el almacén.

Sustratos

El sustrato es el soporte para la vida de la planta. Sus funciones principales son brindarle sostén y nutrición en el proceso de crecimiento (Navieras y Nitsch, 1997). Un sustrato comúnmente utilizado en los viveros rústicos es la tierra de monte, que es una mezcla de materiales orgánicos e inorgánicos provenientes principalmente de los bosques. Sin embargo, el utilizar este tipo de sustrato puede provocar erosión en las áreas de donde se extrae la tierra, ya que se ocasiona una pérdida de la cubierta forestal (Hayman, 1982). Una opción es usar compostas preparadas con materiales de bajo costo obtenidos en la región donde se encuentra ubicado el vivero. Existe una gran variedad de materiales orgánicos e inorgánicos en el mercado que se emplean como sustratos, dependiendo de las necesidades tanto de las especies como de los productores. Dentro de los tipos de materiales utilizados se encuentran los siguientes (Landis *et al.*, 1994):

Tipos de sustratos

Naturales: pueden ser orgánicos sujetos a descomposición biológica o inorgánicos obtenidos de rocas o minerales modificados mediante tratamientos físicos o químicos (por ejemplo agrolita o perlita, lana de roca, vermiculita y arcilla expandida).

Sintéticos: polímeros orgánicos no biodegradables (por ejemplo, espuma de poliuretano y poliestireno expandido).

Residuos: de productos alimenticios, desperdicios forestales y residuos sólidos urbanos. Estos productos requieren de un proceso de composteo antes de su utilización.

Los materiales orgánicos e inorgánicos se presentan en diversas formas, los primeros se ejemplifican en el cuadro 2 y los segundos en el cuadro 3.

Cuadro 2. Materiales orgánicos (Landis *et al.*, 1994)

<i>Tipos de materiales</i>	<i>Características</i>
Turbas (<i>peat moss</i>): alta capacidad de retención de humedad (de 6 a 15 veces su propio peso), pH ácido de 3 a 4.5. Debe estar ligeramente húmeda cuando se utiliza para llenar los envases, pues suele hincharse cuando se humedece.	Después del suelo, la turba es uno de los sustratos más utilizados en los viveros tecnificados. Es muy costosa.
Fibra de coco: tiene excelentes propiedades físicas de absorción de agua similares a la turba u otros materiales orgánicos.	Puede reciclarse y su vida útil es hasta de 18 meses con muy buenos resultados, aunque hay que cuidar el contenido de las sales de cloro.
Corteza de pino y aserrín: la corteza de pino mejora la aireación de los sustratos. El aserrín, siempre y cuando sea grueso, ofrece esta función, ya que una granulometría fina provocaría asfixia a la raíz.	Se le debe adicionar nitrógeno; es recomendable compostearlo antes de su utilización.
Compostas: son el producto obtenido de la descomposición de los residuos orgánicos (estiércoles, aserrín, podas de jardín, basura de comida, etc.) mediante el control de las condiciones ambientales.	Se consideran de gran utilidad en los sustratos; aportan además nutrimentos de lenta liberación.
Vermicompostas: son producto de la modificación de las compostas. Para este caso se utilizan lombrices durante el proceso de composteo.	La composta se obtiene de la descomposición de residuos orgánicos y la vermicomposta de la modificación de la composta.
Bagazo de caña: es un material muy liviano con potencial para mezclas. Se obtiene después de refinar la caña de azúcar.	Es relativamente barato en muchas áreas tropicales.
Cáscara de arroz: es liviana, tiene gran volumen, retiene la humedad razonablemente bien pues suele hincharse cuando se humedece. Es muy costosa.	Puede utilizarse mezclada con otras y como medio de germinación.

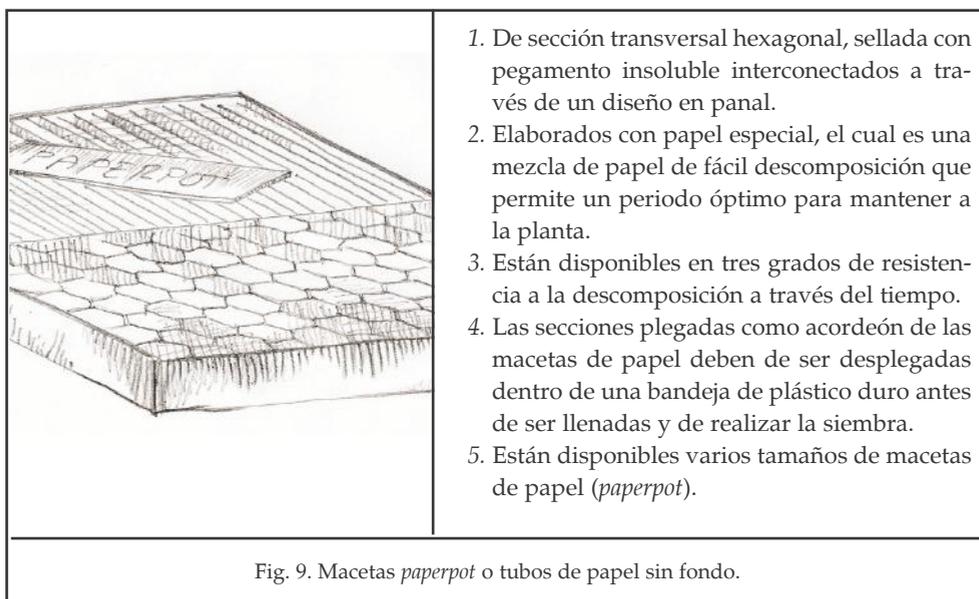
Cuadro 3. Materiales inorgánicos (Landis *et al.*, 1994)

<i>Tipos de materiales</i>	<i>Características</i>
Arena: este material está compuesto de partículas minerales con tamaño aproximado entre 0.05 y 0.2 mm, es inerte, no aporta nutrimentos para la planta.	Se mezcla con material orgánico para mejorar las características físicas de la mezcla (densidad aparente y retención de humedad).
Tezontle: es un sustrato muy poroso que mejora las propiedades físicas de los sustratos, especialmente la aireación.	Generalmente carece de nutrimentos.
Piedra pómez: por su porosidad se utiliza como acondicionador físico de los sustratos. Contiene nutrimentos como potasio, sodio, además de trazas de calcio, magnesio y hierro.	Es insoluble en agua pero tiene amplia capacidad para absorberla; es estéril.
Vermiculita: este material es de peso muy ligero, presenta diferentes tamaños, pH de reacción neutro y con buenas propiedades amortiguadoras.	Se utiliza en las mezclas para evitar que el medio de cultivo se sedimente y compacte, además para mantener buena aireación y drenaje.
Perlita (agrolita): este material también es muy ligero con tamaño de partícula usualmente entre 1.6 y 3 mm. Atrapa de 3 a 4 veces su peso en agua. Es esencialmente un material neutro (pH entre 6 y 8). No tiene nutrimentos para las plantas.	Comúnmente se elaboran mezclas de este material con la vermiculita; se utiliza para incrementar la aireación y retención de la humedad en medios de cultivo.

Tipos de contenedores

A lo largo del tiempo las especies forestales se han cultivado en diferentes tipos de contenedores, que son los recipientes donde crecen las plantas recién germinadas. Para fines prácticos éstos se dividen en dos categorías funcionales: aquéllos que se trasplantan junto con la planta y aquéllos que son removidos antes de establecer la planta en campo (Tinus y McDonald, 1979). En viveros rústicos, los tipos de contenedores utilizados con mayor frecuencia son los que se sacan o eliminan antes de que la planta sea trasplantada en campo.

Las características de los contenedores están diseñadas para lograr un buen desarrollo de las raíces de las plantas para que aseguren la sobrevivencia y el crecimiento posterior en las plantaciones, regenerando con rapidez nuevas raíces. Esto se conoce como potencial de crecimiento radical o PCR (Ritchie, 1984). En la figura 9 se señalan las características de las macetas de papel, nueva tecnología que se está utilizando para pruebas de laboratorio, no para la producción comercial.



Remoción de los contenedores antes de la plantación

Los contenedores deben de facilitar la extracción de la planta al momento de trasplantarla. Las paredes deben ser relativamente lisas o muy lisas para que las raíces puedan ser desprendidas fácilmente y éstas no salgan o se adhieran a algún sustrato. Las bolsas de plástico negro de polietileno son un material que permite una fácil extracción de la planta o plántula. Otra característica importante de los

contenedores es la forma de la cavidad, pues ésta debe irse adelgazando de la parte superior hacia la inferior (a esta característica se le llama ahusamiento). Así, la planta puede ser fácilmente extraída desde el extremo superior y las raíces no crecen o se adhieren a las paredes por el espacio reducido. Varios tipos de contenedores se presentan a continuación entre ellos están: los tubetes (figura 10), tubos de polietileno (figura 11), contenedores tipo libro y tipo funda (figura 12) y los contenedores en bloque (figura 13) (Tinus y McDonald, 1979).



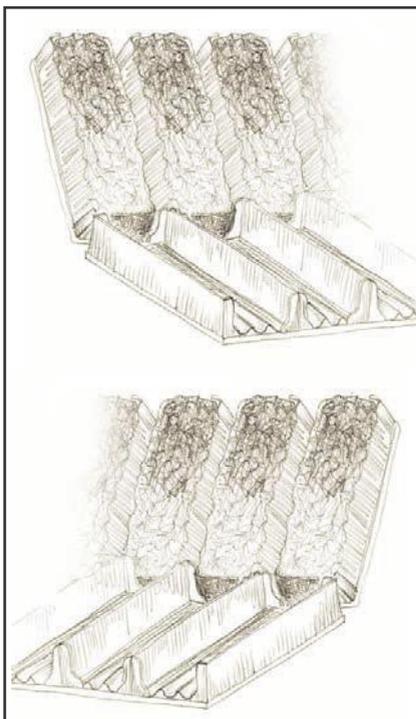
1. Este contenedor está formado por varias unidades llamadas tubetes, que son más anchos en la parte superior y van disminuyendo en su diámetro en la parte inferior.
2. Soportados por un porta-contenedor, que determina el espacio entre tubetes y, por tanto, la densidad de cultivo de las plantas (Allison, 1974).
3. Se encuentra disponible en varios tamaños.
4. La capacidad de los tubetes oscila entre 49 y 164 cm³.
5. Los contenedores pueden ser manejados tanto individual como colectivamente.
6. La densidad del cultivo puede reducirse con colocación terciada de los tubetes del contenedor, desarrollando plantas más grandes.
7. Al reducir la densidad del cultivo se disminuyen las enfermedades del follaje debido a una mayor circulación de aire alrededor de las plantas.
8. Después de que se han formado raíces firmes en el cepellón, las plantas pueden removerse de los contenedores aplicando un suave apretón al tubete.
9. Desventaja: deben reemplazarse si las celdas son removidas para su embarque, o limpiadas entre cultivos (Tinus y McDonald, 1979).

Fig. 10. Contenedor de tubetes.



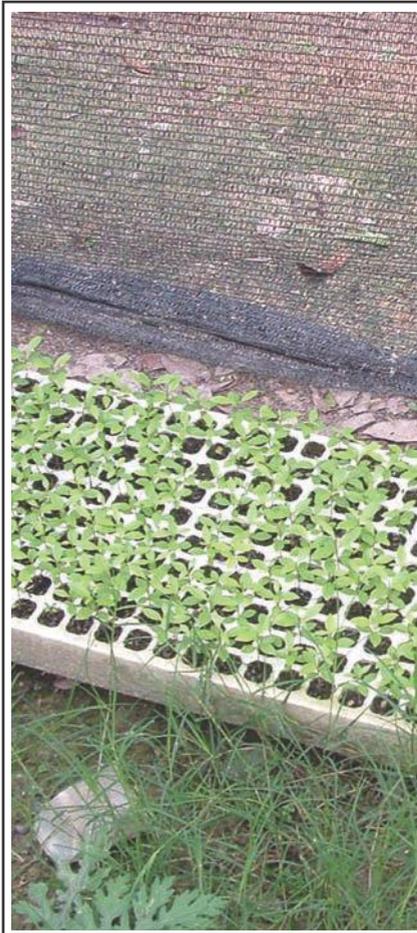
1. Fabricados con una película de plástico, son económicos, fáciles de embarcar y almacenar, aunque son altamente contaminantes al no ser degradables.
2. Populares en viveros de localidades remotas.
3. Disponibles en diferentes tamaños.
4. Vienen en color claro y negro, pero se recomiendan las negras porque retardan el crecimiento de algas.
5. Desventaja: sus lados lisos promueven el espiralamiento, y el enroscamiento de la raíz es común en el fondo del contenedor.

Fig. 11. Tubo de polietileno (*polytube*) o la bolsa de polietileno (*polibag*).



1. Consiste en una hilera de celdas hechas con plástico relativamente delgado.
2. Diseñado para ser abierto y cerrado sin dañar las raíces de las plantas.
3. Formado por dos piezas que se ajustan mutuamente unidas por medio de una bisagra en el fondo, produciendo una hilera de celdas rectangulares cuando las dos piezas están ensambladas.
4. Una vez ensamblados, son colocados juntos en bandejas especialmente diseñadas, o unidos para formar bloques o celdas.
5. Tienen ahusamiento, y poseen costillas verticales bien definidas que dificultan el espiralamiento de la raíz.
6. Una característica muy práctica es que éstos pueden ser abiertos con facilidad para verificar la condición tanto del sustrato como del desarrollo de la raíz en cualquier momento durante el ciclo de cultivo.
7. La durabilidad de estos contenedores depende del tipo de plástico.
8. Ventaja: los cepellones (conjunto de tierra y raíces que forma la planta dentro del contenedor) son extraídos fácilmente para su clasificación y empaque.

Fig. 12. Contenedores tipo libro y tipo funda.



1. Consisten en un bloque, generalmente rectangular, con determinado número de cavidades o celdas arregladas en un patrón regular.
2. Las celdas son cavidades cilíndricas que se ahusan gradualmente de la parte superior hacia la perforación de drenaje en el fondo.
3. Son de poco peso y de fácil manejo.
4. Producen una plántula totalmente extraíble, con un cepellón dimensionalmente estable, que puede tolerar el trasplante en un periodo de crecimiento relativamente breve (3 a 4 meses).
5. Las raíces de algunas especies crecen dentro de los poros de las paredes de la cavidad, lo que dificulta la extracción de las plantas, al igual que la limpieza y desinfección de los bloques.
6. Se emplean generalmente para semillas de tamaño pequeño.
7. Una desventaja de este tipo de contenedores es que las cavidades vacías no pueden ser reemplazadas, lo que hace necesario contar con semillas de gran calidad para obtener las plantas deseadas, al igual que procedimientos de siembra apropiados.

Fig. 13. Contenedores en bloque.

Selección del contenedor

La selección del contenedor para la producción de plantas en viveros forestales es una decisión de gran relevancia, ya que dependiendo de la forma y material de éste se pueden controlar aspectos biológicos y económicos (cuadro 4).

Cuadro 4. Características del contenedor que afectan el crecimiento de la planta

Tamaño del contenedor

1. Depende del tamaño de las semillas y de las condiciones ambientales del sitio de plantación.
2. El volumen es muy importante pues mientras más grande sea el contenedor mayor tamaño tendrá la planta producida en él. Pueden ser de diferentes formas.

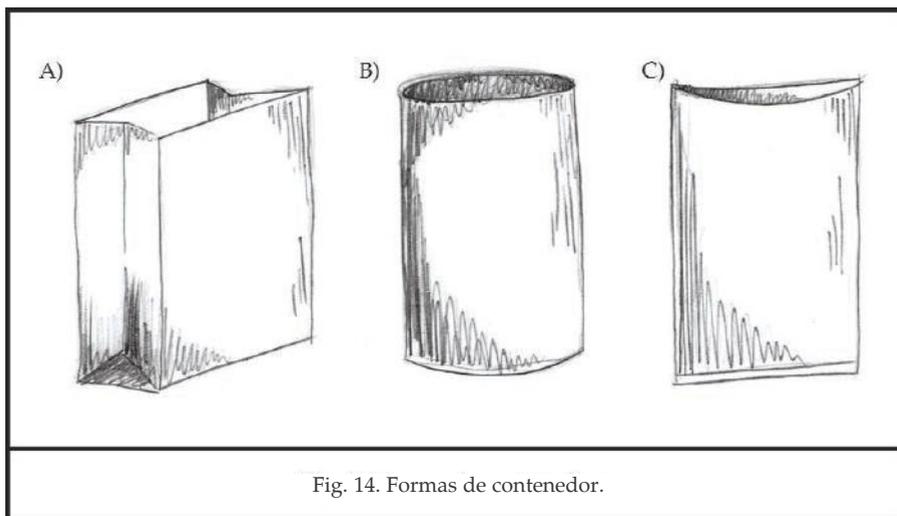


Fig. 14. Formas de contenedor.

Espaciamiento entre contenedores

1. Influye en la densidad de crecimiento de las plantas.
2. Tiene implicaciones económicas en el sentido de la cantidad de plántulas o plantas que se podrán obtener por unidad de área.

Contenido de humedad del sustrato

1. Los contenedores compuestos por materiales permeables como papel o malla de plástico, permiten al agua moverse con facilidad.
2. Los contenedores deben tener en el fondo una perforación que sirva como drenaje para el excedente de agua.

Temperatura del sustrato

1. El color y las propiedades aislantes de los materiales con que están constituidos los contenedores afectan la temperatura del sustrato y por lo tanto el crecimiento de la raíz.
2. Los colores oscuros absorben más energía solar que los de colores claros.
3. Los contenedores hechos de material aislante y grueso conducen menos calor que los materiales plásticos delgados.

Los aspectos biológicos que se pueden afectar dependiendo del contenedor son la germinación, el crecimiento, el trasplante y el manejo de las plantas. Es de conocimiento general que según el tamaño de la semilla y de la planta se elige el tamaño del contenedor. De los aspectos económicos podemos mencionar que según la selección del contenedor se determina el tipo de almacenamiento y el trasplante (Landis *et al.*, 1994)

Otras características que deben tomarse en cuenta para la selección de contenedores son la durabilidad y la resistencia. El intenso calor y los rayos ultravioleta pueden romper algunos tipos de contenedores de plástico. Lo mismo ocurre con la manipulación a que son sometidos desde su embarque inicial, a lo largo de la etapa de cultivo, hasta el almacenamiento y plantación. Algunos contenedores se diseñan para ser utilizados una vez; mientras otros pueden reutilizarse por 5 o más rotaciones de cultivo, como las bolsas de polietileno negras.

Selección del sitio de propagación

Al establecerse un vivero deben considerarse: el acceso a un buen suministro de agua, la orientación en el terreno y la topografía de éste. De los dos últimos aspectos depende, en gran parte, el buen drenaje del vivero (Arriaga *et al.*, 1994). En el cuadro 5 se resumen los factores que intervienen para la selección del sitio y el establecimiento de un vivero.

Métodos de propagación

Propagación a raíz desnuda

Las plantas a raíz desnuda generalmente se desarrollan en camas de germinación o en el suelo del vivero y son transportadas sin tierra al lugar definitivo de plantación. Para este tipo de propagación se deben escoger variedades locales de las especies nativas ya que estarán mejor aclimatadas y tendrán más probabilidades de sobrevivir. Hay que considerar que en ocasiones este tipo de propagación no es muy via-

**Cuadro 5. Factores que determinan el lugar de establecimiento del vivero
(Landis *et al.*, 1994)**

<i>Factores atmosféricos</i> (<i>luz, agua, temperatura y humedad</i>)	Son afectados por la ubicación geográfica y por el tipo de instalaciones del vivero. En el caso de los viveros rústicos en zonas tropicales, también se hacen a cielo abierto con algún tipo de protección para el sol, generalmente de materiales locales como la palma o incluso utilizando la sombra natural de algún acahual.
<i>Factores edáficos</i>	Los principales son el agua y los nutrientes. Un suelo bien drenado asegura su aireación, por lo que es conveniente verificar que no existan capas duras en los primeros 75 cm de profundidad y que el suelo sea profundo, por lo menos 120 cm (Arriaga <i>et al.</i> , 1994).
<i>Factores biológicos</i>	En la producción en contenedor, se tiene un mayor control sobre los factores biológicos y se pueden diseñar los ambientes de propagación a fin de excluir las plagas y enfermedades y, además, incentivar la propagación de microorganismos benéficos.
<i>Factores topográficos</i>	En suelos de textura fina la pendiente deberá ser suave (de 2 a 3%) y en el caso de suelos arenosos y profundos se recomienda nivelar el terreno (Arriaga <i>et al.</i> , 1994).

ble si no se sincroniza con la época de lluvias. La propagación se debe establecer lo más cerca posible del lugar de plantación por la fragilidad de las plantas a raíz desnuda; además adecuar el lugar a las características específicas para las especies que se planea propagar (Padilla, 1983).

Ventajas (Napier, 1985): bajos costos de producción, transporte y plantación, facilidad de traslado hacia la plantación. Uso del mismo suelo en el vivero año tras año. Si las semillas son plantadas correctamente no hay problemas de deformación de raíces.

Desventajas (Napier, 1985): la exposición al aire libre y el daño a las raíces disminuye la sobrevivencia en la plantación. Si las raíces han sido dañadas las plantas no pueden utilizarse en zonas áridas o en sitios difíciles. Se necesita de supervisión cuidadosa y de trabajadores bien entrenados y experimentados. El área del vivero necesita ser grande para la rotación del cultivo. Se requiere de mayor cuidado en la selección del sitio del vivero y el manejo del suelo es muy importante.

Propagación en contenedor

La propagación en contenedor no necesita de grandes espacios, ya que la densidad a la que crecen las plantas es mayor en comparación con el sistema de producción a raíz desnuda y, constantemente, se tiene que transplantar a las plántulas. Los viveros que producen plantas en contenedor facilitan la extracción, transporte y plantación con sólo remover el suelo que rodea las raíces. Este tipo de propagación es más frecuente en climas templados.

Ventajas (Napier, 1985): tasa de sobrevivencia alta (85 a 100%). Posibilidad de propagar cualquier tipo de especie. Rango amplio de plantación y apto para sitios difíciles. El tamaño y el tipo del envase pueden variar dependiendo de las necesidades del sitio. El método es relativamente sencillo y útil cuando la experiencia es limitada. Generación de oportunidades de empleo. Las plantas en contenedor son más resistentes al estrés generado por el trasplante.

Desventajas (Napier, 1985): costos altos. Dificultades de transporte hacia la plantación. Deformación de las raíces por causa del envase lo que reduce el crecimiento de los árboles. Es necesario transportar grandes volúmenes de suelo al vivero cada año para el llenado de los envases. Preparación de sustratos de acuerdo con fuentes locales.

Selección de la propagación a raíz desnuda o en contenedor

La decisión de realizar la propagación a raíz desnuda o en contenedores debe tomarse cuidadosamente. Los factores a evaluar son biológicos, económicos y técnicos. Las consideraciones biológicas son fundamentales para la selección entre un vivero a raíz desnuda y uno de contenedores, al igual que la cantidad de espacio con la que se cuenta. Es necesario recordar que la propagación a raíz desnuda requiere de viveros con mayor espacio. También es importante tener en cuenta el sitio de plantación, ya que si las condiciones de acceso son difíciles no se recomienda la producción a raíz desnuda. Los requerimientos tanto de producción, transporte, capital de inversión y la disponibilidad de la mano de obra son aspectos que deben tomarse en cuenta para la determinación de los costos generales. Finalmente, también es necesario considerar la experiencia técnica de las personas involucradas, dado que la disponibilidad de un viverista hábil influye en la selección del tipo de vivero (Landis *et al.*, 1994).

Sistemas de riego

El agua está considerado como el principal factor limitante del crecimiento en los ecosistemas naturales y artificiales (Landis *et al.*, 1994). Su presencia regula casi cualquier proceso vegetal, como la fotosíntesis que disminuye drásticamente conforme aumenta la escasez de agua (Kramer, 1983). El estado del agua en las plantas se describe en varias formas: contenido de humedad, potencial hídrico y movimiento del agua. Probablemente, las mediciones más útiles del estado del agua en las plantas son el contenido de humedad y el potencial hídrico (Spomer, 1985).

El contenido de humedad de la planta cambia constante durante el día. Las pérdidas por transpiración a través del follaje usualmente son mayores que la cantidad de agua absorbida a través de sus raíces (Landis *et al.*, 1994). La diferencia entre la absorción de agua y la pérdida de humedad crea tensión hídrica en la planta. La tensión hídrica

en las plantas que se producen en contenedor se controla mediante la aplicación de riegos constantes. En el caso específico de viveros rústicos, sin sistemas de irrigación, se recomienda el riego a mano durante las tardes, una vez que el sol se ha ocultado.

Cantidad y calidad del agua requerida para viveros que producen en contenedor

Debido a que el agua es el factor biológico más importante para controlar el crecimiento de la planta, la cantidad y la calidad del agua de riego son los elementos ambientales más esenciales en la operación de viveros que producen en contenedor (Landis *et al.*, 1994). Un buen vivero debe contar con un abastecimiento permanente de agua de calidad para el riego y además disponible a lo largo del ciclo de cultivo. La cantidad de agua necesaria para producir especies forestales en contenedor, depende del clima, el tipo de estructura, el sistema de riego, el sustrato y las necesidades de la planta.

Básicamente hay dos fuentes de agua de riego para abastecer los viveros forestales: agua subterránea y agua superficial. La primera proviene de lagunas, estanques naturales y represas. La segunda se origina en manantiales o bien en una red de agua de consumo público. De allí se lleva al vivero, por bombeo a un estanque ubicado en la cabecera del mismo (García, 1992, Landis *et al.*, 1994). El agua proveniente de áreas agrícolas puede estar contaminada con plaguicidas residuales (Landis *et al.*, 1994), lo que afecta la calidad de la misma. La calidad del agua debe considerarse en la evaluación del sitio para el establecimiento del vivero, debido a que los procedimientos para mejorar la calidad del agua de riego son altamente costosos.

El método de aplicación del agua de riego en los viveros de contenedores, depende del tamaño e infraestructura del vivero y de las características de las especies en cultivo (Landis *et al.*, 1994). La mayoría de los viveros grandes usan algún tipo de sistema de riego mecanizado, sin embargo, en los viveros forestales rústicos el riego manual es obligatorio.

Sistema rústico de riego

Para aquellas localidades carentes de drenaje, los sistemas de riego en viveros rústicos deben plantearse con alternativas accesibles y reales en relación con el medio. Para ello, lo primero que se recomienda es realizar el riego desde una fuente cercana de agua, ya sea con regaderas o mangueras. El agua se almacena en tambos o tinacos de plástico, cerca de las camas de germinación y crecimiento para facilitar la acción. Otra manera de realizar el riego es cuando se tiene un vivero con techumbre al que se le puede adaptar un sistema de goteo por mangueras haciendo cortes en el techo por donde pase la manguera.

Para el abastecimiento de agua se sugiere la instalación de colectores pluviales (agua de lluvia), los cuales se hacen formando canales en el alero de los techos de dos aguas y guiándolos a un depósito final, donde se almacena el agua o bien se colocan tambos en lugares estratégicos a fin de coleccionar el agua de lluvia que cae directamente en ellos. Los pozos también resultan una opción para el abastecimiento de agua. Los sistemas que se utilizan para el caso de sistemas rústicos de riego son los siguientes (Padilla, 1983):

1. *Por inundación:* consiste en saturar la superficie a regar durante un cierto tiempo, se utiliza en camas bajas para producir en recipientes o a raíz desnuda en camas de germinación a nivel o sobre el nivel del suelo.
2. *Por goteo subterráneo:* se aplica a través de tubos porosos o con orificios directamente a las raíces de las plantas (fig. 15).
3. *Con mangueras:* con o sin boquilla (aspersor), para producir lluvia fina o nebulizar el agua. Además, también se les conecta al final de las mangueras unos tubos de plástico con orificios que permiten una mejor distribución del riego (fig. 16).

La cantidad de agua que se almacena en los contenedores donde están las plantas o plántulas, debe monitorearse constantemente. La carencia o el exceso de agua provocan tensión hídrica en las plantas afectando su crecimiento y por consiguiente la producción en el

vivero. La determinación de la humedad en los contenedores se lleva a cabo mediante diferentes técnicas (cuadro 6). Es recomendable que en cada vivero se desarrollen escalas de peso adaptadas a los sustratos y tipos de contenedores utilizados.

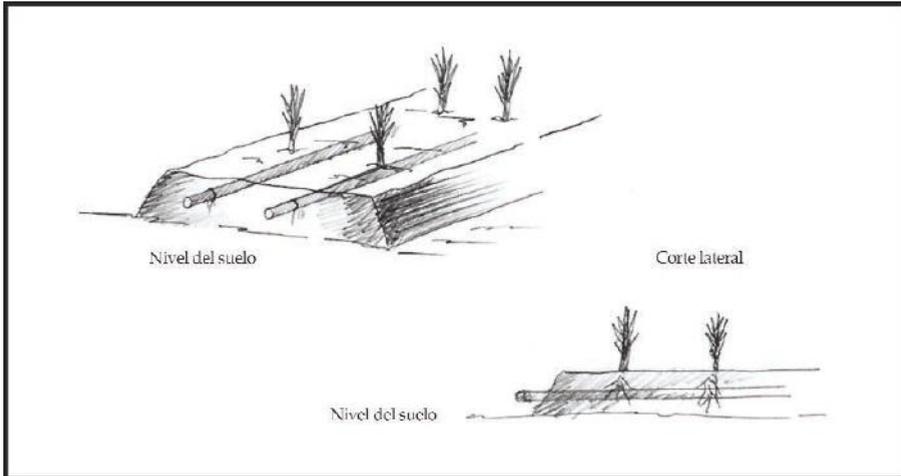


Fig. 15. Sistema de riego por goteo subterráneo.

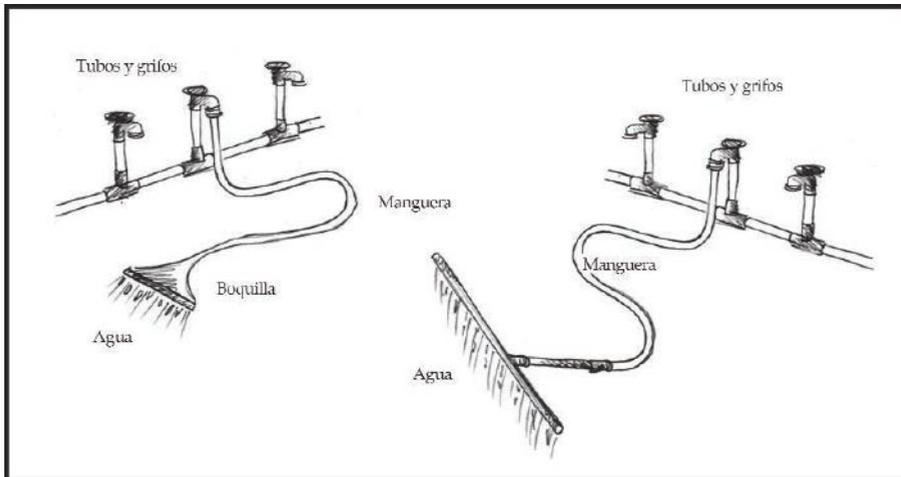


Fig. 16. Sistema de riego con mangueras.

Cuadro 6. Revisión del agua en los contenedores (Landis *et al.*, 1994)

<i>Revisión visual y táctil</i>	Observaciones directas del sustrato y en la condición de la planta. Se requiere de mucha experiencia y es muy subjetivo, pero es ampliamente utilizado.
<i>Mediciones del peso del contenedor</i>	Consiste en pesar los contenedores secos y después del riego. Los pesos deberán ser calculados a intervalos regulares durante la estación de cultivo.
<i>Peso húmedo</i>	Consiste en pesar el contenedor lleno y sembrado, después de que ha sido saturado con agua, una vez que ésta ha drenado libremente se vuelve a pesar. Esta condición se llama "capacidad de contenedor", que es equivalente a la capacidad de retención del agua del suelo natural.
<i>Peso de riego</i>	Se pesa el contenedor cuando la irrigación es requerida. Este valor variará con el tamaño de la planta y con los objetivos de cultivo.

Cantidad de agua para el riego

La cantidad de agua necesaria para regar varía según las necesidades específicas de las especies. Por lo que la estimación sobre la cantidad necesaria de agua se determina, empíricamente, según las condiciones de cada vivero y las especies propagadas. Lo más importante que hay que considerar cuando se riega en contenedores es que se debe aplicar suficiente agua en cada riego, de manera tal que se proporcione un poco más del agua necesaria para saturar el medio, y por lo tanto ocurra muy poca lixiviación (pérdida de suelo) (Landis *et al.*, 1994). Se hace notar que si existen recomendaciones de la cantidad de agua que necesita cada especie, ésta se expresa en términos de pro-

fundidad (centímetros) o de volumen de agua (litros) por unidad de superficie. La regla general de riego nos dice que es necesario aplicar aproximadamente 10% de agua adicional con respecto a la requerida, para saturar el contenedor, y esta cantidad variará de acuerdo con la etapa de cultivo y a las condiciones del vivero. En el cuadro 7 se observan las opciones de riego en diferentes fases de crecimiento de las plantas.

**Cuadro 7. Riego en diferentes fases de crecimiento de las plantas
(Landis *et al.*, 1994)**

<i>Fase de establecimiento</i>	<p>Inmediatamente después que los contenedores ya sembrados son colocados en el área de crecimiento, el sustrato deberá estar completamente saturado.</p> <p>Los riegos poco frecuentes ocasionarán que la semilla se seque y que disminuya la germinación; mientras que regar demasiado puede causar condiciones excesivamente húmedas alrededor de la semilla.</p>
<i>Fase de crecimiento rápido</i>	<p>Una vez que el sistema radical (raíces) de la plántula se ha establecido, la transpiración gradualmente reemplaza a la evaporación como la principal fuente de pérdida de agua.</p> <p>Otro factor que debe ser considerado cuando se programa la irrigación es el efecto de la interceptación de agua por el follaje. Por lo que la duración del periodo de riego debe ser ajustada periódicamente para compensar las pérdidas ocasionadas por el agua que no alcanza el sustrato pues queda en la superficie de las hojas y se evapora directamente.</p>

Fertilizantes

La aplicación de fertilizantes, abonos o compostas es importante para satisfacer las necesidades de nutrientes. Sin embargo, si se utiliza "tierra de monte o de bosque" de regiones templadas, no es necesaria la fertilización ya que tiene todos los nutrimentos necesarios para el desarrollo y el crecimiento de las plantas. En contraparte, cerca del 43% de los suelos del trópico presentan problemas de deficiencias de nutrimentos para las plantas y toxicidad de elementos (Salas, 2005), por ello en zonas tropicales es necesario complementar los suelos con fertilizantes, abonos o compostas. Otra técnica utilizada para enriquecer el sustrato es el uso de micorrizas (asociación de hongos y las raíces de las plantas) que permite la fijación de nitrógeno y ayuda al crecimiento de las plantas.

Fertilizantes orgánicos

Los fertilizantes orgánicos más usados son las compostas. La composta se define como el producto obtenido al someter la materia orgánica a un proceso de descomposición aerobia que la transforma en una mezcla estable; ésta debe ser lo más homogénea posible y con una proporción equilibrada de sus componentes. La producción de composta requiere de cierta temperatura para conseguir la reducción de los residuos orgánicos y su transformación, en un producto estable y valioso para la agricultura y jardinería. Las compostas mejoran los sustratos por las siguientes razones (Infoagro, 2005):

1. Aumentan las propiedades químicas y bioquímicas de los suelos.
2. Logran mayor retención del agua.
3. Reciclan distintos residuos.
4. Pueden actuar como sustrato.

La composta se produce mediante un proceso de transformación de los residuos orgánicos realizado por microorganismos como bacterias y hongos. La descomposición eficiente de los residuos orgánicos

Cuadro 8. Parámetros para realizar una composta (Infoagro, 2005)

<i>pH</i> (potencial de hidrógeno)	Influye en el proceso de descomposición debido a que el valor de pH (medio ácido o básico) determina las condiciones de vida de los microorganismos. En general, los hongos toleran un margen de pH entre 5-8, mientras que las bacterias tienen menor capacidad de tolerancia.
<i>Tamaño del material</i>	Entre más cantidad sea expuesta a los microorganismos, más rápida será la descomposición. Se recomienda triturar los residuos orgánicos para facilitar la descomposición.
<i>Contenido de nutrientes</i>	El mantenimiento del balance de nutrientes es fundamental para el tiempo de descomposición de los materiales. Por ejemplo, si la relación carbono/nitrógeno (C/N) aumenta, se disminuye la actividad biológica y por consiguiente retarda el proceso de descomposición de los materiales.
<i>Oxígeno del aire</i>	Es necesario un buen aporte de oxígeno (O ₂) para que los microorganismos puedan descomponer eficazmente la materia orgánica. El O ₂ se puede controlar paleando la composta para permitir su acceso.
<i>Temperatura</i>	Es el mejor parámetro para indicar el desarrollo del proceso y debe mantenerse entre 35 °C-65 °C. Se puede controlar colocando plásticos sobre la composta, para mantener condiciones adecuadas o colocarlas bajo la luz solar directa.
<i>Población microbiana</i>	El compostaje implica la participación de una amplia gama de bacterias y hongos ligados a una sucesión de ambientes.
<i>Humedad</i>	Los valores de humedad adecuados para los procesos aerobios son de 30% y 70%. Los valores altos de humedad se deben evitar, ya que un alto porcentaje desplaza el aire de los espacios entre partículas del residuo y el proceso se vuelve anaeróbico. Si la humedad es demasiado baja también disminuye la actividad de los microorganismos. Para conseguir una humedad adecuada se pueden mezclar distintos tipos de residuos y triturar o desfibrar los materiales.

depende de variables tales como: el potencial de hidrógeno (pH), el tipo y el tamaño del material, la oxigenación, el contenido de nutrientes, la temperatura, la actividad microbiana y la humedad (cuadro 8). Así mismo, otros factores que influyen en la calidad de la composta son las condiciones ambientales y la técnica de compostaje (Infoagro, 2005).

Materias primas de la composta

Se puede emplear casi cualquier materia orgánica, siempre y cuando no esté contaminada. Generalmente, la procedencia de la materia es de los siguientes residuos (Infoagro, 2005):

1. *Restos de cosechas*: vegetales jóvenes como hojas, frutos o tubérculos, que son ricos en nitrógeno y pobres en carbono. Los restos vegetales más adultos como troncos, ramas o tallos son menos ricos en nitrógeno.
2. *Abonos verdes*: restos de pasto o malas hierbas.
3. *Ramas de poda de árboles*: es necesario triturar estos materiales antes de su incorporación a la composta, ya que los trozos grandes alargan el tiempo de descomposición.
4. *Hojas*: pueden tardar de 6 meses a dos años en descomponerse, por lo que se recomienda mezclarlas en pequeñas cantidades con otros materiales.
5. *Restos domésticos*: se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes de las cocinas como sobrantes de frutas y hortalizas. Es importante que estos materiales no contengan grasas.
6. *Estiércol de animal*: se recomienda el de vaca, la gallinaza, la apete, el estiércol de caballo y el de oveja. No se aconseja el uso de estiércol de perros o gatos.
7. *Complementos minerales*: son necesarios para corregir las carencias de ciertas tierras. Destacan las enmiendas calizas y magnéticas, los fosfatos naturales, las rocas ricas en potasio, los oligoelementos y las rocas silíceas trituradas o en polvo.

Elaboración de composta

Las compostas se pueden elaborar con varias técnicas. A continuación describimos las más comunes:

Compostaje en pila: es la técnica más conocida. Se basa en la construcción de un cúmulo o montón de material formado por diferentes materias primas, para lo cual es necesario considerar lo siguiente (Infoagro, 2005):

1. *Realizar una mezcla correcta:* los materiales deben estar triturados y mezclados de manera homogénea. El compuesto debe ser rico en celulosa, lignina (restos de poda, pajas y hojas muertas) y en azúcares (hierba verde, restos de hortalizas y cascarillas de frutas). Es importante que la relación carbono-nitrógeno (C/N) esté equilibrada. Una relación elevada retrasa la velocidad de humificación y un exceso de nitrógeno ocasiona fermentaciones no deseables. El nitrógeno es aportado por el estiércol y las leguminosas verdes.
2. *Formar la pila con las proporciones convenientes:* la pila debe tener el suficiente volumen para conseguir un equilibrio adecuado entre la humedad y la aireación. La mezcla debe estar en contacto directo con el suelo, por lo cual se intercalan los materiales vegetales con algunas capas de suelo fértil. También debe colocarse una fina capa de composta madura o bien estiércol para facilitar la repoblación del montón por parte de los microorganismos. La ubicación de la pila dependerá de las condiciones climáticas de cada lugar y de la época del año en que se elabore. En zonas calurosas conviene situarla a la sombra durante los meses de verano. Se recomienda la construcción de pilas alargadas de sección triangular o trapezoidal con una altura de 1.5 m y con una anchura de base no superior a su altura.
3. *Manejo adecuado de pila:* la pila debe airearse frecuentemente para favorecer la actividad de la oxidasa (enzima de glucosa) por parte de los microorganismos descomponedores. El volteo de la pila es la forma más rápida y económica de garantizar la presencia de

oxígeno en el proceso. Además, se homogeniza la mezcla y se intenta lograr una temperatura uniforme en todas las zonas de la pila. La humedad debe mantenerse entre 40 y 60%. Si el material de la pila está muy apelmazado es porque tiene demasiada agua o la mezcla no es la adecuada. Es posible producir fermentaciones indeseables que dan lugar a sustancias tóxicas para las plantas. Normalmente, el material se debe voltear cuando han transcurrido entre 4 y 8 semanas, repitiendo la operación dos o tres veces cada 15 días. Así, transcurridos unos 2 o 3 meses obtendremos una buena composta.

Compostaje en silos o depósitos: se emplea en la fabricación de composta poco voluminosa. Para este caso debe fabricarse un contenedor redondo o cuadrado de 2 a 3 m de altura, con orificios a los lados para permitir la aireación. En el contenedor se introducen los materiales (Infoagro, 2005). El silo se carga por la parte superior y la composta elaborada se obtiene por una abertura situada debajo del silo.

Compostaje en superficie o abono verde: consiste en esparcir una capa delgada de material orgánico finamente dividido sobre el terreno. El material se deja descomponer y penetrar poco a poco en el suelo (Infoagro, 2005). Este material sufre una descomposición aeróbica y asegura la cobertura y la protección del suelo.

Micorrizas

Anteriormente se mencionó que otro método para la fertilización es el uso de micorrizas. Las micorrizas son las asociaciones naturales o simbiosis formadas entre hongos y plantas. En esta asociación el hongo proporciona nutrientes provenientes del suelo a la planta y ésta le da al hongo los carbohidratos necesarios para su sobrevivencia (Salas, 2005). Generalmente, esta asociación es beneficiosa para ambas partes. Los hongos formadores de micorrizas se pueden localizar en todo tipo de suelos y en todos los ecosistemas terrestres. Su distribución en los suelos no es homogénea por lo que requieren de un manejo especial.

Existen dos tipos de micorrizas: la ectotrófica y la endotrófica. La asociación ectotrófica es aquella en la cual el micelio del hongo forma un denso manto que cubre la superficie de la raíz con muchas hifas que se extienden en el suelo y otras que lo hacen hacia adentro, penetrando entre las células de la epidermis y la corteza de la raíz (Gliessman, 2002). La asociación endotrófica, es el tipo más común; en ellas las hifas colonizan los protoplastos de los tejidos parenquimatosos y se extienden hacia fuera introduciéndose en el suelo; esta micorriza se encuentra en la mayoría de las familias de plantas con flores y especialmente en especies cultivadas como: maíz, frijoles, manzanas y frambuesas (Gliessman, 2002).

Se estima que alrededor del 95% de las especies de árboles en los bosques tropicales son endomicórricos (Salas, 2005), por ejemplo: Fabaceae-Mimosoideae (*Albizia guachapelle*, *Inga* sp., *Leucaena leucocephala*), Fabaceae-Papilionoideae (*Erythrina* sp., *Gliricidia* sp.), Verbenaceae (*Tectona grandis*), Meliaceae (*Cedrela* sp.), Caesalpinioideae (*Cassia grandis*), Bombacaceae (*Ceiba* sp.), Bignoniaceae (*Tabebuia* sp.), Cunoniaceae (*Weinmannia pinnata*), Rubiaceae (*Genipa americana*), Combretaceae (*Terminalia oblonga*) y Myrtaceae (*Psidium guajava*).

Para asegurar la presencia de micorrizas, se han desarrollado muchos métodos para producirlas comercialmente e inocular o introducir las en etapa de vivero a las especies propagadas. La Comisión Nacional Forestal reporta algunas especies de inóculos que se encuentran disponibles comercialmente como *Pisolithus tinctorius* y *Pisolithus arrhizus* (Conafor, 2006). Los inóculos se pueden aplicar directamente a la semilla, en el sustrato o en el riego. La efectividad de cada tipo de inóculo se determina por su capacidad para propagar la asociación micorrízica. Los inóculos no comerciales consisten en suelos con altos contenidos de hongos micorrízicos, tomados donde existen árboles hospederos (Salas, 2005). Aunque la formación de micorriza puede ser irregular o inconsistente en el uso de estos inóculos.

Considerando que el hongo micorrízico es una extensión de la raíz, se tiene una mejor absorción de agua y minerales, en particular del fósforo. Otras características sobresalientes de las plantas micorrizadas son una menor incidencia de enfermedades en las raíces y la

tolerancia al estrés hídrico (Xoconostle y Ruiz, 2002). Las características de la simbiosis repercuten en grandes beneficios como menor uso de fungicidas y bactericidas y mayor calidad y cantidad de flores o frutos (Xoconostle y Ruiz, 2002). Además las micorrizas promueven la formación de una microflora en el suelo, un rápido restablecimiento del equilibrio ecológico natural, una rápida generación de una cubierta vegetal, una mayor formación de masa en raíces, un mejor enraizamiento en el sustrato, disminución en la pérdida de suelo por efecto del viento, la movilización de sustancias nutritivas y una eficiente utilización de la humedad del suelo.

Sanidad del vivero

El manejo del vivero debe de estar enfocado a proporcionar las mejores condiciones para el estado fisiológico y morfológico óptimo de las plántulas y plantas a propagar. Por lo tanto, es necesario un buen control sanitario para evitar plagas y enfermedades. Lograr la obtención de plantas sanas depende del conocimiento y entendimiento de diversos factores: las características y las necesidades de la especie forestal involucrada, tipo de sustrato y condiciones ambientales, principalmente. Esto permite deducir la posible problemática y la implementación de la mejor estrategia que incluya tanto medidas preventivas como de erradicación de las plagas y enfermedades (Landis y Cregg, 1995).

Los factores que pueden causar enfermedades en las plantas son biológicos y ambientales. Los factores biológicos incluyen a los hongos, las bacterias, los virus y los animales. Todos ellos pueden constituirse en agentes patógenos o en plagas y tienen el potencial de causar daños a grandes escalas, causando la pérdida total de la producción en vivero. Generalmente las plagas provocan la reducción de crecimiento debido a competencia por agua, luz o nutrientes minerales. Los factores ambientales que causan enfermedad son las deficiencias de nutrientes minerales, las alteraciones químicas de las plantas y los daños provocados por el clima y los químicos (Landis *et al.*, 1994).

Las medidas de control sanitario más comunes incluyen la limpieza del sustrato, de las semillas y las herramientas de trabajo. El sustrato es una de las principales fuentes de transmisión de enfermedades en el vivero. La desinfección del sustrato se realiza mediante tratamientos físicos o químicos que eliminan a los microorganismos nocivos (Landis *et al.*, 1994). Los métodos más utilizados son el vapor y los fumigantes de amplio espectro. Otros tratamientos incluyen:

1. *Aplicación de calor al sustrato*: el calor se suministra de manera directa a través de un generador de vapor, o bien indirectamente, mediante el proceso de composteo o solarización (Landis *et al.*, 1994).
2. *Composteo*: la temperatura que se alcanza en el proceso de descomposición es suficiente para eliminar a la mayoría de los organismos patógenos y conservar a los organismos benéficos.
3. *Solarización*: consiste en cubrir al sustrato, previamente humedecido, con una o dos capas de plástico transparente para incrementar las temperaturas de 35 °C a 55 °C y así eliminar a la mayoría de microorganismos patógenos.

La desinfección de las semillas es otra de las medidas preventivas para el buen control fitosanitario. La mayoría de las semillas forestales requieren de desinfección lo que se logra al sumergirlas de 2 a 5 minutos en hipoclorito de sodio al 1% (1 parte de cloro comercial y 5 de agua), antes de sembrarse en un sustrato libre de patógenos (Landis *et al.*, 1994). Otra opción es introducirlas en una solución fungicida de acuerdo con las especificaciones y precauciones de cada producto.

Las herramientas se deben lavar y desinfectar antes del inicio de cualquier labor con hipoclorito de sodio al 1% o 2%. También se debe eliminar el material enfermo, evitar las siembras profundas y el riego excesivo del sustrato, y promover la nivelación y el drenaje de los almácigos y terrenos de siembra para no tener encharcamientos. Las plantas sanas y enfermas deben de manejarse por separado ya que es

muy fácil la transmisión de enfermedades. La aplicación de medidas preventivas disminuirá la probabilidad de enfermedad en éstas y los sustratos. Sin embargo, si hubiera necesidad de aplicar medidas de control, lo más común sería con productos químicos o eliminar plántulas o plantas enfermas.

Diagnóstico de plagas y enfermedades

El diagnóstico de una enfermedad reside en la búsqueda sistemática de sus causas reconociendo síntomas, señales y patrones de ocurrencia. El diagnóstico de plagas y enfermedades consiste en tres etapas 1) identificación de la plaga o enfermedad, 2) diagnóstico de la causa real y 3) determinación del impacto de la enfermedad sobre la producción (Peterson y Smith, 1975). La diversidad climática de los trópicos impide emitir un diagnóstico general de las enfermedades causadas por plagas y enfermedades en los viveros de propagación. Sin embargo, existen elementos que pueden ayudar a detectar una plaga o enfermedad para actuar de manera adecuada e inmediata. Por ejemplo, son signos de enfermedad o de plagas en las plantas los siguientes eventos: hojas y tallos roídos, la apariencia carbonosa, las manchas de moho, la necrosis, la decoloración del follaje, la presencia de huevecillos, las crisálidas, las larvas, las pupas y los insectos adultos.

La existencia de plagas o enfermedades en un vivero no necesariamente significa que se afectará la producción total, por lo que es indispensable realizar una estimación del impacto de las plagas o las enfermedades, lo que implica realizar un inventario de todos los lotes de plantas afectadas y un conteo directo, o bien, una estimación estadística para calcular el porcentaje de pérdida (Landis *et al.*, 1994). Una vez determinado el impacto de la enfermedad, es necesario tomar medidas inmediatas para el control de las plagas o enfermedades. Finalmente, los problemas pueden no ser serios en términos económicos o de producción si se controlan a tiempo y se considera un margen de pérdida por especie desde el inicio de la propagación.

Plagas y enfermedades más comunes

Las enfermedades de mayor importancia en los viveros forestales se originan en la raíz y son causadas principalmente por hongos fitopatógenos, aunque existen otras enfermedades producidas por bacterias, virus y nemátodos. Los hongos fitopatógenos se transportan y/o diseminan fácilmente por la contaminación de: semillas o esquejes, sustratos de crecimiento, herramienta, agua, viento, animales y la persona que manipula los materiales (Landis *et al.*, 1994). Otra de las enfermedades más comunes causada por hongos fitopatógenos es el *apetes off* o ahogamiento y afecta a todas las especies forestales. Esta enfermedad tiene dos tipos de ataques: el preemergente y el posemergente. En el ataque preemergente los hongos patógenos atacan y destruyen las semillas antes de la emergencia de la tierra del hipocótilo o de la planta en sí. En el ataque posemergente, los hongos agreden a la planta poco después de que ha emergido de la tierra. El ahogamiento de cualquier tipo puede ocurrir en 24 horas y se presenta en el cuello de la raíz, causa marchitamiento y la caída de la planta. Esta condición se identifica por un estrangulamiento pequeño de color oscuro en forma de anillo alrededor de la parte baja del tallo.

Las plagas que afectan a las especies forestales pueden ser nemátodos, insectos, arácnidos o animales mayores. Los nemátodos fitoparásitos ocasionan numerosas heridas en las raicillas formando callos o fisuras por donde se introducen los hongos, bacterias e incluso virus. Los nemátodos pueden causar disminución del tamaño de las hojas, pérdida de vigor y reducción del crecimiento. Los síntomas más comunes causados por arácnidos, insectos y animales van desde afectación del material vegetativo específico hasta depredación total de las plántulas o las plantas (cuadro 9). Para el control de los insectos deben emplearse diferentes técnicas. Los insectos se dividen en dos grupos principales: los masticadores de las hojas y los que chupan los jugos de las plantas. Los insectos masticadores se eliminan mediante sustancias tóxicas, depositadas sobre las hojas, que al ser ingeridas causan su muerte. Los insectos chupadores se destruyen usando insecticidas de contacto directo que los cubren. Finalmente, las malezas

pueden considerarse como una plaga ya que compiten con las plántulas por el agua, los nutrientes y el espacio, reduciendo su crecimiento y causando deformaciones en éstas. Por lo que la mejor manera de evitarlas es realizando limpieza permanente del sitio.

Cuadro 9. Plagas comunes (Landis *et al.*, 1994)

(*continúa*)

<i>Insectos</i>	
<i>Áfidos o pulgones</i>	Estas plagas se encuentran con frecuencia en el envés de las hojas o en los tallos de las plantas. Secretan líquidos azucarados (mielecilla) que son un buen medio para el crecimiento de hongos (fumaginas de color negro) y moho. Sintetizan un fluido ceroso que se endurece alrededor de ellos, esta secreción protege a sus descendientes.
<i>Barrenadores de tallos y raíces</i>	Se puede decir que este tipo de ataque es uno de los más serios en los viveros tropicales. Aunque las plantas rara vez mueren, el perjuicio económico es alto. El mayor reto es entrenar a los trabajadores para detectar los barrenadores en tallos nuevos y en el reverso de las hojas de las plantas.
<i>Chinchas Lygus</i>	Hay varios tipos presentes en cultivos agrícolas, pero sólo <i>Lygus hesperus</i> y <i>L. lineolaris</i> , han sido identificados en viveros forestales. Las chinchas <i>Lygus</i> son chupadores que se alimentan del tejido de plantas jóvenes, como los brotes terminales y las yemas causando reducción en su crecimiento.
<i>Cochinillas</i>	Las larvas hacen huecos en las hojas y se asocian a los áfidos. No son muy visibles hasta que empiezan a reproducirse. Rara vez matan a las plantas, aunque el daño a las hojas puede ser serio.
<i>Gallina ciega</i>	Larvas que viven en el suelo alimentándose de las raíces a profundidades de 2 hasta 30 cm. Por lo general son blancas y tienen la forma de la letra C. Suelen ser problema en viveros a raíz desnuda. Parte del control de éstas es el tamizado del suelo, fumigación o aplicación de insecticidas específicos
<i>Grillos y termitas</i>	Insectos masticadores de tallos son los grillos y termitas que se combaten con insecticidas.
<i>Gusanos telarañeros</i>	Son un problema en los viveros que producen plántulas a raíz desnuda durante muchos años. Los adultos no son dañinos, pero sus larvas se alimentan del tallo y la parte superior del sistema radicular de plantas producidas en contenedor.
<i>Hormiga arriera</i>	Estas hormigas pueden causar daños serios en poco tiempo, puesto que cortan pedazos de follaje de las plántulas. El control de estas hormigas es la destrucción del nido.

(concluye)

<i>Minadores de hoja</i>	Los minadores de hojas ponen huevecillos en el envés de las hojas y las larvas causan su enrollamiento. Aunque las hojas mueren, las plantas sobreviven.
<i>Mosquita blanca</i>	Este insecto de tipo chupador es también capaz de secretar una sustancia azucarada. La mosquita blanca deposita sus huevecillos en el reverso de las hojas. Causan daño sustancial al follaje, pero pueden controlarse rápidamente asperjando las plantas.
<i>Mosquita fungosa de alas oscuras</i>	Estas pequeñas mosquitas (<i>Bradysia spp.</i>) son comunes en los viveros e invernaderos. Las larvas se pueden alimentar de las raíces de las plántulas jóvenes, de estacas o de semillas carnosas.
<i>Trips</i>	Son insectos microscópicos de alas primitivas que raspan y chupan los jugos de las hojas por el envés, provocándoles una coloración óxido rojiza o plateada. Estos insectos sólo se pueden mover a otras plantas por medio del viento, arrastrándose o por transferencia física; cuando son atacados tienden a enrollarse y se hace difícil su eliminación, por lo que es mejor destruirlos manualmente una vez que se detectan.

Arácnidos

<i>Ácaros o arañas</i>	Los ácaros chupadores se reproducen rápidamente y son difíciles de detectar a simple vista. Cuando la infestación es fuerte su presencia se manifiesta por las telarañas finamente tejidas de color rojo. Aunque prefieren tallos tiernos también atacan las hojas volviéndose de color amarillo al marchitarse.
------------------------	--

Plagas mayores

<i>Pájaros</i>	Se comen las semillas que están parcialmente expuestas en las bandejas de germinación y afectan el medio de cultivo cuando buscan larvas, crisálidas, pupas y adultos.
<i>Roedores</i>	Las ratas, tuzas y ratones pueden ser un problema si se utiliza la siembra directa. Lo más adecuado es evitar el paso hacia la zona de siembra, de las bandejas y de las camas de germinación con una malla de alambre hasta que se complete el proceso de germinación. También es adecuado colocar trampas o cebos envenenados para atrapar a los roedores.
<i>Otros animales</i>	Es necesario cercar la zona del vivero para evitar la entrada de animales como gallinas, vacas, caballos, perros o puercos que dañarían a las plantas.

Control biológico de plagas

El control biológico consiste en la aplicación de técnicas compatibles con la conservación del medio ambiente y se observa como una alternativa eficaz y libre de riesgo frente a los numerosos y crecientes problemas derivados del uso de los productos químicos. Existen muchas opciones para el control biológico que incluyen desde sencillas prácticas a base de sustancias orgánicas, hasta preparaciones más elaboradas que no contaminan o dejan residuos. A continuación se presentan las prácticas más comunes (Sinix, 2005; Reyes *et al.*, 1997; Infojardín, 2005).

Aceite de parafina: insecticida, acaricida. Se suministra en invierno para acabar con las fases resistentes de plagas tales como pulgones, cochinillas, ácaros, etc. Su eficacia, consiste en la formación de una capa sobre los insectos que les impide respirar. El mejor momento para su aplicación es a finales de invierno, justo cuando comienzan a brotar las yemas, pero antes de que salgan las hojas. Se esparce sobre la planta a razón de 5-7 ml en 10 l de agua. Se moja bien la planta con un atomizador hasta que comience a gotear (cuanto más fina la gota, más efectivo). Como cualquier aceite de invierno, no se debe usar en plantas perennifolias ni a temperaturas superiores a 25 °C. Se suele encontrar en comercios especializados como solución para mezclar con insecticidas y herbicidas, por lo que resulta más barato que si se comprara como insecticida.

Aceite vegetal: actúa contra cochinillas cuando se agrupan en pequeño número. Se utiliza el aceite de oliva, el aceite de girasol o cualquier otro aceite vegetal. Asfixia a estos insectos en su fase inmóvil. Se puede aplicar con un aspersor. También se usa un aceite de petróleo llamado citrolina en una proporción de 1-3% en agua adicionando un emulsificante.

Agua: los ácaros mueren con la humedad ambiental. Un remedio efectivo contra ellos es llevar la planta afectada a un lugar sombreado y rociarla con agua varias veces al día. Hay que asegurarse de mojar bien toda la planta, especialmente el envés de las hojas. En 4 o 5 días habrán desaparecido.

Artemisa: la *Artemisia absinthium* produce un insecticida natural de amplio espectro contra pulgones, ácaros, cochinillas y hormigas. Para elaborarlo se maceran 300 g de planta fresca o 30 g de planta seca en 1 l de agua durante una semana. Luego se filtra y se rocía a la planta afectada cada 15 días.

Ajo: se usa contra enfermedades criptogámicas, bacterianas, ácaros y pulgones. Se hace un preparado con 10 g de ajos frescos en 1 l de agua y luego se cuele. Otra variante es la infusión de ajo y cebolla para la que se tritura medio kilo de ajos y cebollas y se vierten en 10 l de agua hirviendo, se deja reposar 10 minutos y se cuele. Esto se llama depurado. Se deben asperjar con él las plantas y/o el suelo, haciendo tres tratamientos en diez días. Otro sistema contra los pulgones consiste en poner entre la tierra, alrededor de la planta, varios dientes de ajo.

Alcohol: para ataques de cochinilla poco importantes en plantas pequeñas. Se puede usar alcohol etílico o metílico. Se impregna un trapo o un cotonete y se limpia con él a la planta infectada con las cochinillas. Otra forma efectiva es mezclar ½ l de agua templada con una cucharada de alcohol y otra de jabón de potasa (o de lavavajillas).

Azúcar: las hormigas aparecen como simbioses de pulgones, cochinillas y mosquita blanca. Protegen, limpian y trasladan a estos insectos a cambio de la mielecilla dulce que excretan. Otras veces ellas mismas son una molestia en los hogares o son dañinas para las siembras pues roban las semillas. La población se puede reducir instalando ollitas con miel, leche condensada o almíbar en sus zonas de paso, donde se quedarán pegadas. Este método es efectivo para reducir la población pero sin eliminarla.

Azufre: acaricida preventivo y curativo. Se añade azufre soluble en la proporción de 80 g en 10 l de agua y se fumiga bien la planta afectada. El azufre normal –amarillo– puede estar también pulverizado y no se disuelve en agua, pero se puede espolvorear sobre la planta. Sólo se debe usar a temperaturas entre 20 °C y 30 °C y repetir el tratamiento varias veces en un lapso de quince días.

Bacillus thuringiensis: esta bacteria produce toxinas naturales (delta-toxinas) que atacan, tras ser ingeridas, la pared intestinal de algu-

nas larvas de insectos, esto les impide absorber el alimento y les daña la pared intestinal por donde la bacteria penetra al interior de ellas y les produce la muerte. Las toxinas son inocuas para otros insectos y vertebrados. La bacteria es muy usada en agricultura ecológica. Se suelen vender en forma de polvo que contiene esporas y toxina juntas; las bacterias producen la toxina al esporular. Se debe rociar con gota muy fina, mojando bien la planta y en el momento adecuado (primeros estadios larvarios de la plaga). Es poco persistente, de 7 a 10 días y su efectividad disminuye con el calor (más de 30 °C) y la humedad alta.

Caldo bordelés: fungicida tradicional. Se prepara con 100 g de sulfato de cobre y 17 g de cal viva (óxido de calcio) y agua en dos recipientes de plástico (nunca aluminio). En el primer recipiente se disuelven los 100 g del sulfato de cobre en 1 l de agua. Como el sulfato diluido tiende a irse al fondo, se puede meter en una bolsa de tela y se cuelga casi en la superficie del agua. En el segundo recipiente se coloca la cal viva en 1 l de agua con cuidado de no quemarse y se deja enfriar. Posteriormente, se le añaden 8 l de agua y se filtra. Por último, cuando se vaya a usar, se mezclan ambos líquidos y se utiliza de inmediato, de no ser así no se deben mezclar ambos líquidos.

Caléndula: planta herbácea de hojas oblongas. Se intercalan en el cultivo con el fin de ahuyentar las mosquitas blancas.

Canela: fungicida preventivo para semilleros. Espolvorear ligeramente sobre el sustrato.

Capuchina (Tropaeolum majus): planta herbácea algo trepadora de hojas redondas, flores amarillas o rojas. Es una planta ornamental. Se entrefera en el cultivo con el fin de ahuyentar las mosquitas blancas.

Captura manual de insectos: en un vivero pequeño los escarabajos, las larvas, los gusanos, los caracoles y las babosas se pueden eliminar planta por planta. Es conveniente limpiar las plantas cuando hay humedad o después de una lluvia.

Cáscaras de huevo: para evitar los daños a las plantas causados por caracoles y babosas se colocan pedazos secos de las cáscaras de huevo que servirán como pequeñas trampas inmovilizadoras.

Cáscaras de naranja: sirven para atraer caracoles y babosas. Con las cáscaras se hacen unas pequeñas trampas sobre el suelo húmedo. La trampa debe de crear un refugio húmedo y oscuro para los caracoles.

Ceniza: se espolvorea alrededor de las plantas afectadas para impedir el paso de los caracoles. En caso de riegos o lluvias fuertes hay que repetir el tratamiento.

Cerveza: se utiliza para atraer caracoles y babosas por medio del aroma. Para ello se entierran envases de boca ancha con cerveza justo hasta el borde. Los insectos se ahogan y es bastante efectivo para reducir la población.

Cola de caballo (Equisetum arvense): se utiliza contra el pulgón y para prevenir hongos. Se ponen en remojo 100 g de plantas frescas en 1 l de agua durante 24 horas. Luego se hierva unos minutos, se deja enfriar y se filtra. Se diluye en agua en proporción de 1:5. Se debe aplicar en tiempo seco y soleado, de primavera a verano.

Jabón de potasa (jabón negro, oleato potásico): insecticida-acaricida-fungicida de contacto, efectivo contra pulgón, cochinilla y otros insectos de cutícula blanda, así como araña roja y hongos. Se degrada fácilmente por lo que no se aplica cuando hay sol. Se puede preparar de forma similar a la del jabón común o de sosa. Se necesitan: 5 l de aceite de cocina, 5 l de agua y 1 kg de potasa cáustica en escamas. Para su preparación se calienta el agua a 40 °C y se mezcla cuidadosamente con la potasa en un recipiente resistente a los cáusticos. Es aconsejable usar guantes y gafas y evitar el uso de utensilios de aluminio. Una vez disuelta la potasa, se añade el aceite y se agita al menos una hora con un palo de madera, siempre dando vueltas en el mismo sentido. La mezcla se deja en reposo unos 15 días hasta que ha cuajado totalmente, ésta debe quedar con consistencia mantecosa. En caso de que no haya cuajado bien, se pone a baño María durante media hora, agitando constantemente. Para usarlo, se disuelven 30 g en 1 l de agua y se asperja la planta evitando hacerlo a pleno sol o con mucha luz.

Mosca (Encarsia formosa): himenóptero calcídido, ampliamente utilizado para el control de la mosquita blanca. No sobrevive a tempe-

raturas inferiores a los 10 °C, por lo que debe conseguirse con proveedores comerciales que lo crían junto al parasitoide y a la plaga en plantas de tabaco. Es efectivo siempre y cuando la temperatura ambiental sea superior a 18 °C.

Farolillo (Nicandra peruviana): planta herbácea de hojas con bordes dentados. Se le conoce como tomate de burro o tomate de culebra. Se puede intercalar en el cultivo con el fin de ahuyentar las mosquitas blancas.

Nicotina: potente insecticida natural obtenido del tabaco (*Nicotiana tabacum*), útil contra pulgón, trips y otros insectos de cutícula blanda. Actúa por contacto e ingestión. Se puede obtener de forma casera por maceración de 3 cigarrillos rubios sin el filtro en 1 l de agua. Se filtra y guarda en lugar fresco. Se asperja directamente sobre los insectos, matándolos en pocos minutos. Una variante más efectiva es mezclar este macerado con 30 g de jabón de potasa. Destruye mejor a cochinitas y ácaros.

Orégano: se hace una infusión con 1 cucharada soperas de orégano seco en 1 l de agua hirviendo. Se deja enfriar y se cuela, posteriormente se moja bien toda la planta.

Phytoseiulus perrsimilis: este ácaro predador, controla a la araña amarilla que infesta a las plantas desde agosto a septiembre y sobrevive a las bajas temperaturas. Se puede obtener comercialmente, pero una vez introducido debe controlarse tanto la plaga como el predador y anticipar los ataques.

Podas de saneamiento: elimina las partes fuertemente afectadas por una plaga o una enfermedad para que no se extienda el mal (Infojardín, 2005). Tratar luego el resto de la planta con el producto más adecuado en cada caso.

Purines de ortigas: estimulante de la vegetación (abono) con propiedades fortalecedoras y curativas contra carencias que producen clorosis, previene el ataque de ácaros. Se debe usar *Ortiga virens* y *O. dioica*, que son muy ricas en nitrógeno y sales minerales. Se necesitan 2 kg de ortigas frescas o 400 g de secas y 20 l de agua. Se macerarán 5 días, removiendo cada día de vez en cuando, luego se cuela y se diluye en otros 40 l de agua. Se debe usar al principio de la bro-

tación y con cierta asiduidad (quincenal), regando y asperjando las hojas.

Piretro: insecticida natural extraído de la planta *Chrysanthemum cinerariaefolium* (crisantemo), también llamado piretrina natural. Actúa por contacto, produciendo parálisis en pulgones, mosquita blanca y ácaros. Tiene baja toxicidad y es poco persistente (máximo tres días). Se maceran 50 g de flores secas pulverizadas en 1 l de agua durante 24 horas, se filtra y se guarda en un recipiente bien tapado en un lugar fresco y oscuro. Se puede mejorar su eficacia al mezclar con 30 g de jabón de potasa. Efectivo, muy usado en agricultura ecológica.

Tomate: insecticida contra pulgones. Hacer una infusión con un puñado de brotes frescos en 2 l de agua hirviendo, dejar reposar 12 horas, filtrar y asperjar bien sobre los pulgones.

Trampas cromáticas: las láminas van cubiertas de un pegamento donde quedan adheridos los insectos. Es una trampa especialmente interesante para aquellas plagas que se sienten atraídas por un color; siendo éste en ocasiones el único medio satisfactorio para hacer el seguimiento de la plaga (Infojardín, 2005). La trampa de color azul se utiliza principalmente para trips y la de color amarillo es para la mosquita blanca y los pulgones.

Trampas de cartón: para controlar a las tijerillas (*Forcipulas sp.*) que causan daños sobre todo a las flores. Se clava un palo fino entre las plantas afectadas a la misma altura que ellas. En la parte superior se enrolla una tira de cartón corrugado y se sujeta con una goma. Las tijeretas se refugian en ella y se pueden así eliminar periódicamente.

Cempasúchil (*Tagetes erecta*): esta planta es usada comúnmente en las festividades de Todos Santos. Se utiliza como excelente repelente, sembrándola junto con el cultivo o moliendo 1 kg de toda la planta y diluirlo en 15 l de agua. Posteriormente se aplica esta mezcla al follaje, con el fin de ahuyentar las mosquitas blancas.

A manera de resumen se presenta el cuadro 10, donde se especifican las plagas y los tratamientos más comunes.

Cuadro 10. Tratamientos biológicos, plagas y enfermedades
(Sinix, 2005, Reyes *et al.*, 1997)

<i>Plaga o enfermedad</i>	<i>Tratamiento</i>
Ácaros	aceite de parafina, agua, ajo, artemisa, azufre, jabón de potasa, ortigas y piretro
Caracoles y babosas	cerveza, ceniza, naranja y cáscaras de huevo
Cochinillas	aceite de parafina, aceite vegetal, artemisa, alcohol, jabón de potasa, nicotina y orégano
Hongos en semilleros	ajo y canela
Hormigas	azúcar, artemisa y cebos envenenados
Mosquita blanca	aceite de parafina, caléndula, artemisa, nicandra peruviana, piretro, capuchina, trampas cromáticas y cempasúchil
Orugas y larvas de gusanos	<i>Bacillus thuringiensis</i>
Pulgonos	aceite de parafina, artemisa, ajo, cola de caballo, jabón de potasa, nicotina, piretro, tomate y trampas cromáticas
Tijerillas	trampas de cartón
Trips	aceite de parafina, artemisa, nicotina, sabadilla y trampas cromáticas

Estimación de los costos de producción de un vivero rústico

Los costos de construcción de un vivero varían considerablemente debido a la gran diversidad de materiales, estructuras disponibles y

cantidad por m^2 para su edificación, así como la mano de obra y las instalaciones. Comúnmente los costos son referidos por área de producción y algunos productores prefieren instalar su propia estructura, mientras que otros recurren a contratistas comerciales. En el caso de la autoconstrucción es recomendable incluir en el presupuesto el costo de mano de obra, aunque el vivero se construya a nivel familiar o con ayuda de miembros de la comunidad. Para los cálculos de producción se debe de tomar en cuenta desde la colecta de las semillas hasta el trasplante de las plantas, incluyendo el pago por llenado de bolsas o contenedores, trasplante, acomodo en las camas de crecimiento, riego y mantenimiento del vivero. Una forma sencilla de calcular el costo total es por medio de jornales diarios. En la figura 17 se presenta un ejemplo de un vivero rústico de la zona totonaca, con una dimensión de $8 \times 10 m^2$ y en el cuadro 11 se desglosan los costos por jornales del mismo.



Fig. 17. Vivero rústico de la zona totonaca, Zozocolco de Guerrero (Proaft, 2003-2006).

Cuadro 11. Costos de instalación de un vivero rústico

<i>Material</i>	<i>Costo unitario (\$)</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Total</i>
Malla sombra (m)	57	8	456
Rotoplas de 1 100 l	858	1	858
Bomba aspersora 20 l	540	1	540
Malla borreguera	765	1	765
Regadera de 2.5 l	100	1	100
Bolsa para vivero (kg)	38	10	380
Alambre recocido (kg)	11	1	11
Pala concha	85	2	170
Bomba de agua ¼	1,350	1	1,350
Jornales para construcción	65	9	585
Manguera negra 1/2 (40 m)	249	1	249
Carretilla	450	1	450
<i>Total</i>			5,914

2. SELECCIÓN DE SEMILLAS

Importancia de las semillas

La semilla es el principal órgano reproductivo de la gran mayoría de las plantas superiores terrestres y acuáticas (Niembro, 1988) y surge como resultado de una serie de procesos biológicos que se inician con la floración y concluyen con la maduración del fruto (Nitsch, 1965). Las semillas desempeñan una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica. Aunque las semillas son por lo general el material comúnmente utilizado para la producción de plantas con fines de plantación, no es el único. Existe un grupo de materiales reproductivos denominado germoplasma que incluye a las semillas, las yemas, las plántulas y las estacas (Cromwell *et al.*, 1996). Las semillas son las depositarias del material genético invaluable que es necesario conocer e investigar. Un área de investigación importante es el estudio de las semillas de árboles nativos. Esta área brinda una buena oportunidad para mejorar el uso y el manejo de las especies, por lo que se debe intensificar la investigación tanto de las semillas como de sus características fisiológicas, mecanismos de latencia, germinación, longevidad ecológica o potencial y su posible aprovechamiento para la propagación y conservación de tales plantas.

Las semillas que se utilizan para propagación deben de originarse de árboles madre de buena calidad. Por ello, es indispensable una exce-

lente selección para obtener el material biológico y realizar la propagación. Una selección adecuada ayuda a mejorar la probabilidad de que la producción sea de buena calidad y de que la mayoría de las semillas germinen. Idealmente, el proceso de la selección de árboles forestales para la colecta de semillas debe de considerar las características requeridas para el lugar de plantación del árbol, además es aconsejable seguir los lineamientos de la Asociación Internacional Prueba de Semillas (ISTA por sus siglas en inglés). En las siguientes secciones de este capítulo se presentan las principales características de las semillas y las actividades necesarias para su colecta y selección de árboles madre. También se incluyen aspectos relativos a la selección y colecta de frutos de algunas especies nativas de la zona totonaca.

Fenología

A los fenómenos periódicos visibles como la floración y la fructificación de las plantas, se les conoce como cambios fenológicos y al estudio de éstos se le llama fenología. Los cambios fenológicos están relacionados con la variabilidad del clima y son muy importantes para diseñar programas de colecta y propagación del germoplasma. El periodo de fructificación cambia entre diferentes localidades, incluso dentro de una misma región debido a las variaciones en la disponibilidad de recursos para la reproducción o bien por los ciclos endógenos que diferencian distintos niveles de esfuerzo reproductivo entre diferentes años. Por ejemplo, algunas regiones de clima homogéneo tienen poblaciones de plantas con fructificación masiva unos años, seguida de baja o nula producción de propágulos sexuales durante varios años. En cambio en áreas más estacionales, las plantas se caracterizan por periodos bien definidos de fructificación (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). El conocimiento de estas etapas de floración y fructificación permite realizar un cronograma para la colecta de semillas o propágulos. Actualmente, aunque existe información sobre la correlación entre variables climáticas y los eventos fenológicos, se necesita mayor investigación en especies tropicales.

Floración

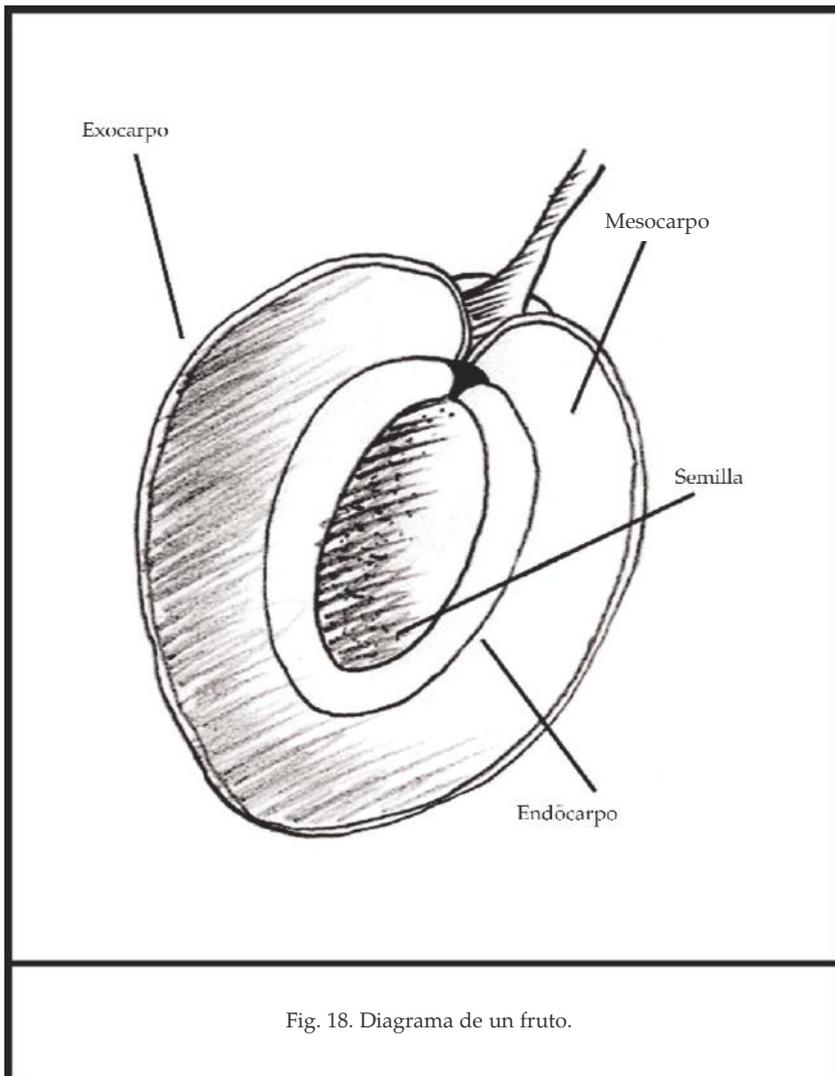
La floración es la etapa de crecimiento de las flores. La flor es la estructura reproductiva característica de las plantas llamadas fanerógamas. Su función es producir semillas a través de la reproducción sexual. Tras la fertilización, la flor da origen, por transformación de algunas de sus partes, a un fruto que contiene las semillas. Típicamente una flor está compuesta de cuatro tipos de hojas modificadas: sépalos, pétalos, estambres (órganos reproductores masculinos de la flor) y carpelos (órganos reproductores femeninos de la flor) todos unidos al extremo del tallo o receptáculo (Arriaga *et al.*, 1994). La flor presenta uno o varios carpelos llamados pistilos. El pistilo está diferenciado en tres 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 (Arriaga *et al.*, 1994). Una vez realizada la fecundación, se desencadena una serie de procesos bioquímicos que dan origen a un óvulo maduro (Arriaga *et al.*, 1994).

Los hábitos de floración y el conocimiento sobre el desarrollo del fruto de las especies forestales difieren ampliamente. Es necesario conocer si las especies son monoicas (flores masculinas y femeninas en el mismo árbol) o dioicas (flores masculinas y femeninas en árboles separados), la periodicidad con que se registra la floración y la influencia del ambiente, así como los mecanismos y duración de la polinización y dispersión de la semilla. Este conocimiento permite determinar el tiempo de recolecta de semillas con el máximo rendimiento posible (Musalem y Solis, 2000). En algunas especies es difícil la obtención de su semilla, ya que cuando alcanzan la madurez rápidamente se dispersan por el viento (por ejemplo, *Ceiba pentandra* (L)). En otras especies, la colecta de frutos se hace cuando están verdes y en el árbol, porque el almacenamiento prolongado permite una mejor semilla.

Tipos de frutos

Los frutos son las estructuras originadas tras la fecundación de las flores y contienen y protegen a las semillas para su dispersión. Las

semillas son óvulos maduros y los frutos son básicamente los ovarios maduros. La pared del ovario del fruto maduro, el pericarpo, puede ser suave o duro, carnoso o seco, y a menudo está compuesto por 2 o 3 capas distintas (fig. 18): exocarpo (capa externa), mesocarpo (capa media) y endocarpo (capa interna).



Los frutos de las especies forestales tienen diferentes características. Son de diversos tamaños, formas, estructuras y texturas. Con base en estas diferencias se clasifican en secos y carnosos. Los frutos secos son aquellos que tienen el pericarpo o pared del ovario esencialmente seca cuando maduran. Pueden ser dehiscentes o indehiscentes (Arriaga *et al.*, 1994) (cuadro 12).

Cuadro 12. Frutos secos

(*continúa*)

Frutos secos dehiscentes

Se abren cuando maduran y dejan salir muchas semillas (fig. 19). Dentro de esta categoría se encuentran folículo, legumbre y cápsula.

1. *Folículo*: cuando madura se abre espontáneamente a lo largo de un solo lado (1 línea de dehiscencia). Las semillas maduras se separan o dispersan de la planta madre por movimientos que el viento le causa a ésta o por algún contacto mecánico.
2. *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 seca la línea de dehiscencia ocurre con fuerza explosiva que las semillas son arrojadas lejos de la planta madre. Ejemplos característicos con este fruto son los frijoles, chícharos, tréboles, alfalfa, colorines y guajillo.
3. *Cápsula*: cuando madura libera las semillas a través de varias líneas de dehiscencia por acción del viento o por contacto mecánico. Algunos ejemplos se presentan en el lirio, amapola, algodón, yuca y maguey.



Fig. 19. Frutos dehiscentes a) folículo (Proaft, 2006), b) legumbre (<http://www.flickr.com/photos/robbnt/3334725020/>), c) cápsula de *Cedrela odorata* (Proaft, 2009).

(concluye)

Frutos secos indehiscentes

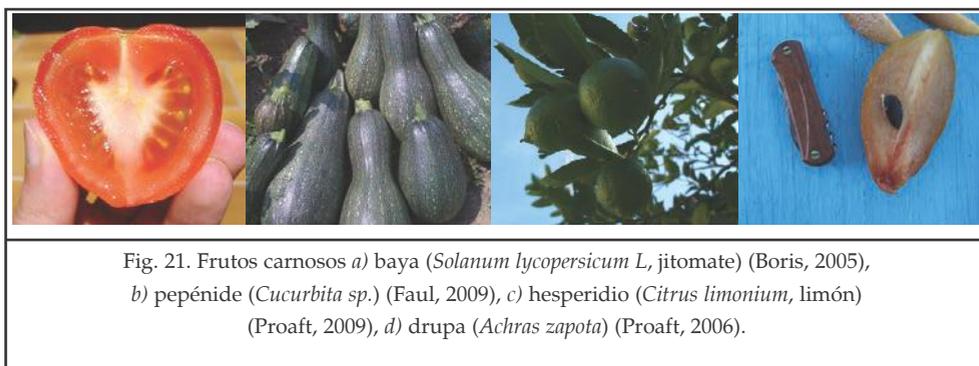
Permanecen cerrados cuando están maduros reteniendo a las semillas, ya sean pocas o únicas en su interior (fig. 20). Entre ellos se tiene al aquenio, la sámara, la nuez y el grano o la carióspside.

1. *Aquenio*: fruto pequeño, generalmente menos de 1 cm, su pericarpo no es especialmente grueso ni duro; la semilla es única y generalmente se encuentra pegada al pericarpo en un punto. Ejemplos de aquenio los podemos encontrar en las “semillas” (que en realidad son frutos) de la fresa y el higo, el girasol, el diente de león y el 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.
2. *Sámara*: muy parecido a un aquenio pero el pericarpio se prolonga prominentemente formando un ala delgada y plana. Los frutos del fresno y del olmo son característicos de este tipo. La diseminación se realiza por fuertes corrientes de viento pudiendo arrastrar al fruto a distancias considerables.
3. *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. Estos tipos los encontramos en encino y nogal. Sus semillas son frecuentemente esparcidas por roedores pues les gustan mucho. Asimismo, las semillas grandes y redondeadas pueden flotar en el agua y ser transportadas a grandes distancias por corrientes superficiales.
4. *Grano o carióspside*: el pericarpio y la cubierta de la semilla se encuentran fuertemente unidos. Ejemplos de éstos son los granos de arroz, trigo, maíz y otras gramíneas.



Fig. 20. Frutos indehiscentes a) aquenio (*Bidens pilosa*) (Proaft, 2009),
 b) sámara (*Acer sp.*) (<http://www.flickr.com/photos/lofaesofa/282354331/>),
 c) nuez (*Quercus sp.*) (Proaft, 2009), d) carióspside de maíz (*Zea mais*) (Proaft, 2009).

Los frutos carnosos son aquellos que tienen el pericarpo o pared del ovario parcial o totalmente carnosa cuando están maduros (fig. 21).



Muchos sirven como alimento pues tienen sabores agradables y dulces. Esta cualidad ayuda a la dispersión de las semillas ya que los animales al ingerirlas junto con los frutos las pasan a través de su tracto digestivo sin dañarlas. Los frutos carnosos pueden ser bayas, pepénides, hesperidios, drupas o pomos (cuadro 13).

Existen algunos frutos que por su naturaleza se confunden con la semilla. Esto ocurre con frecuencia con frutos secos e indehiscentes. Así por ejemplo, las pepas del girasol no son semillas sino frutos de tipo aquenio, tal como ocurre con la mayoría de las plantas de la misma familia. Igual sucede con los granos de los cereales: el trigo, el maíz, el centeno, el arroz, etc., que también son frutos. Es como creer que el hueso de frutos como el durazno, la ciruela, el chabacano, entre otros, corresponde a la semilla cuando en realidad es la parte más interna del fruto, la cual se vuelve pétreo y rodea a la semilla. Estos frutos se denominan drupas, tal es el caso del almendro o la nuez del nogal. Otra confusión, no menos frecuente es atribuir a las legumbres, como el garbanzo, la lenteja, los guisantes, las judías, etc., el calificativo de frutos, cuando en realidad se trata de semillas de un fruto tipo legumbre (Tormo, 2002).

Cuadro 13. Frutos carnosos

<i>Baya</i>	Es el tipo más común de los frutos carnosos. Su pericarpo puede ser totalmente carnoso o bien presentar una cubierta dura o coriácea y contener una o más semillas. Por ejemplo el jitomate y la papaya.
<i>Baya típica</i>	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.
<i>Pepénide</i>	Es una baya con una cubierta dura. Son ejemplos la sandía y la calabaza.
<i>Hesperidio</i>	Es una baya con una cáscara coriácea y separable, además de contar con septos apergaminados. Podemos encontrar ejemplos en la naranja, la toronja y los cítricos en general.
<i>Drupa</i>	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.
<i>Pomo</i>	En éste el endocarpo es papiráceo o algunas veces duro, forma una parte central por lo general con varias semillas. Ejemplos característicos se encuentran en la manzana, la pera, el membrillo, el tejocote, y otros.

Tamaño y forma de las semillas

El tamaño de las semillas tiene una gran variación entre especies de plantas. No obstante, su origen ontogenético (historia del desarrollo de un individuo) es muy similar y con funciones bien definidas. La forma está determinada por el tipo de óvulo de origen y por los patrones de crecimiento, el desarrollo, la diferenciación y la posición guardada dentro del fruto (Niembro, 1988).

Los recursos de una planta para dar semillas son limitados. Así se tiene que la planta puede producir un gran número de semillas pequeñas o un número menor de semillas grandes.

El número de semillas producido y su tamaño afectan la capacidad de sobrevivencia y perpetuación de las especies. Por ejemplo, las plantas que producen muchas semillas pequeñas se diseminan más ampliamente y tienen mayores oportunidades de encontrar un sitio favorable para germinar y crecer (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

Sin embargo, su tamaño pequeño aporta poco al crecimiento de la nueva planta y su desarrollo depende de los recursos disponibles en el medio. Por lo que sólo una pequeña fracción de semillas sobrevive. Por otra parte, las semillas grandes se dan en menor número y frecuentemente se diseminan a distancias más cortas. Cuentan con más recursos para iniciar su crecimiento y establecimiento, así que se producen plántulas más grandes y resistentes con mayor superficie de raíces y de hojas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

El número y el tamaño de las semillas de cada planta corresponden a las estrategias K y r de las especies. Estas son las formas de comportarse para su desarrollo o establecimiento dentro del ecosistema. Dichas respuestas ocurren ya sea como buenos reproductores (r) o como buenos competidores (K) (Pianka, 1970). Las características más relevantes de las estrategias r y K se explican en el cuadro 14.

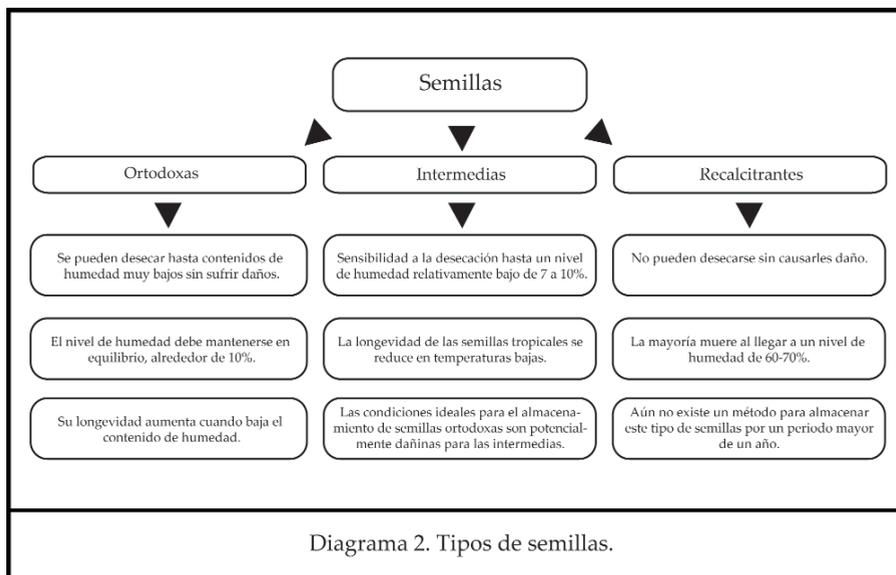
Tipos de semillas

Las semillas se clasifican por su tipo de latencia, es decir, por su capacidad interna de control del inicio de la germinación en: ortodoxas, intermedias y recalcitrantes. Las semillas ortodoxas presentan latencia, generalmente son pequeñas y tienen contenidos de humedad y tasas metabólicas bajas. Las semillas recalcitrantes no tienen latencia, son grandes y con contenidos de humedad y tasas metabólicas altas. Las semillas intermedias pueden o no tener la-

tencia y los contenidos de humedad y las tasas metabólicas son medias (diagrama 2).

Cuadro 14. Diferencias entre las estrategias de reproducción r y K de especies

<i>Estrategia r</i>	<i>Estrategia K</i>
Se presentan en ambientes inestables con recursos fácilmente obtenibles y de poca competencia interespecífica (áreas quemadas, ecosistemas alterados, o en etapas sucesionales).	Se presentan en ambientes constantes o predecibles donde los recursos están sometidos a fuerte competencia y, por tanto requieren mayor costo de energía para su obtención.
Tienen gran tolerancia fisiológica y adaptabilidad.	Tienen poca tolerancia fisiológica y adaptabilidad.
Tienen gran capacidad de dispersión y para escapar de desastres locales. Su tiempo generacional es corto y su desarrollo es rápido.	Tienen pocas semillas pero de gran tamaño. Resisten mejor bajo condiciones de hacinamiento, aunque esta característica es de dudosa validez.
Ontogenia rápida y reproducción a temprana edad; en ambientes tropicales comprenden mayormente a los árboles con autoincompatibilidad en la fertilización.	Ontogenia larga, se reproducen a edades bastante tardías.
Son oportunistas, invasoras o colonizadoras.	
Son especies raras o subdominantes y en muchos casos tienen un periodo de vida corto.	Son especies dominantes, están sujetas a factores de mortalidad dependientes de la densidad, reemplazan o desalojan a las especies r a medida que se estabiliza el ecosistema.



Selección del árbol madre

La selección de un árbol para obtener semillas y frutos debe basarse en las mejores características fenotípicas. El fenotipo de un árbol es el conjunto de características visibles que lo hacen sobresalir de los demás.

Por ejemplo, el fenotipo de las personas se ve expresado en el tamaño, la complexión, el color del pelo, de los ojos, la longitud de las piernas y brazos, etc. Todas estas características están determinadas por sus genes y el ambiente donde se desarrolla el individuo. En el caso del árbol las particularidades que se observan a simple vista como la altura, el diámetro, la rectitud o el tamaño de la copa son las características genéticas, que generalmente permanecen constantes en el tiempo y en cualquier ambiente (Alba, 1989). De esta forma, al recolectar las semillas de la especie a propagar, se deben marcar y seleccionar fenotipos con características sobresalientes y similares para asegurar la buena calidad de las especies. Para la obtención de semillas de árboles madre tenemos los siguientes criterios:

1. Seleccionar árboles sanos y vigorosos, creciendo conforme al promedio.
2. Seleccionar árboles maduros pero no demasiado viejos, dado que sus semillas pueden ser poco viables.
3. Evitar árboles aislados, pues se pueden autopolinizar y suelen producir poca semilla con escasa viabilidad.
4. Evitar la recolección en rodales que contengan numerosos árboles de porte deficiente, excesivamente ramosos, pálidos, anormales o enfermos.
5. Seleccionar entre 25 y 30 árboles en promedio.

Para los árboles maderables se recomienda seleccionar árboles con fuste recto y cilíndrico y sin bifurcaciones, de ramas delgadas, sanos, vigorosos y con una altura y diámetro aceptables. Una vez hechas las observaciones pertinentes, los árboles se pueden clasificar usando los siguientes criterios (Alba, 1989):

1. Árboles excelentes: dominantes o codominantes, rectos sin bifurcaciones, con ramas delgadas y horizontales, sin plagas ni enfermedades.
2. Árboles buenos: dominantes o codominantes, sin bifurcaciones, con sinuosidades leves en el fuste y sin malas características de ramificación.
3. Árboles inaceptables: suprimidos, enfermos y/o plagados, con defectos importantes en el fuste y/o las copas.

Otra forma de seleccionar a los árboles es mediante la evaluación cuantitativa de la rectitud del fuste, la bifurcación, la evidencia de anomalías, la floración y la fructificación (cuadro 15). Una vez determinadas las características de cada árbol se debe considerar qué valores tiene cada uno de ellos. Los árboles con valores de atributo 1 en cada una de las características son los más adecuados para realizar la colecta de semillas. Así, el orden de preferencia debe ser de la siguiente manera: 111, 211, 112, 121, 122, 222. Los árboles con un valor de 3 en cada atributo son árboles que no deben elegirse ya que su producción puede ser poco exitosa. La floración y la fructificación sirven de base para

escoger entre árboles de una misma categoría, al realizar el mapeo de éstos (Alba, 1989).

Cuadro 15. Selección cuantitativa de árboles (Alba, 1989)

<i>Características</i>	<i>Atributos</i>
Rectitud de fuste	1) Recto 2) Ligeramente torcido 3) Muy torcido
Bifurcación	1) Sin bifurcaciones 2) Bifurcado en el tercio superior 3) Bifurcado en el tercio medio o inferior
Anomalías	1) Sin anomalías 2) Anomalía aparente recuperada 3) Anomalía medianamente a bien desarrollada
Floración y fructificación	1) Con frutos 2) Sólo con flores 3) Sin flores ni frutos

Otra forma de selección de los árboles es mediante un análisis cuantitativo. En éste se realizan mediciones de altura, diámetro, edad, área basal, volumen, incremento medio anual y valoración de forma y calidad de fuste. Para efectuar la medición del diámetro, la persona se para junto al árbol y éste se mide con una cinta especial a la altura de nuestro pecho (en adelante, dap). La altura y el dap son datos que sirven para calcular la tasa de crecimiento de los árboles en ese sitio. Este tipo de análisis puede tomar más tiempo, pero junto con los dos tipos de evaluaciones anteriores brinda mayor información sobre la dinámica de crecimiento de los árboles y sus características genéticas.

Las semillas también pueden colectarse en unidades productoras de germoplasma forestal con registros oficiales. Estos sitios están certificados y los árboles madre ya han sido previamente identificados y seleccionados. En muchos casos estas fuentes de germoplasma ofrecen material de gran calidad o calidad élite (semillas con mejoras genéticas). Finalmente, a continuación se anexa un ejemplo para elaborar una ficha de registro de

certificación de árboles madre y colecta de semillas. Esta ficha incluye la información requerida para registrar fuentes de germoplasma en la Comisión Nacional Forestal (Conafor) de México y otros datos relevantes para futuros productores de germoplasma.

Ficha para el registro y certificación de árboles madre y colecta de semillas										
Nombre del colector:										
Núm. de control (consecutivo):						Fecha de colecta:				
1. Datos generales del árbol										
Género y especie:						Fuente de germoplasma: Fruto () Semilla () Otro ()				
Nombre común:										
Clave ejemplar de herbario:										
2. Localización										
Entidad:					Municipio:					
Comunidad:					Predio (m ²):					
Propietario:					Altitud (msnm):					
Coordenadas GPS*					Coordenadas GPS*					
3. Suelo general					3. Suelo relieve					
Grado de erosión: Alta () media () baja () nula ()					Cresta de cerro:					
Profundidad:					Pendiente fuerte:					
Textura:					Pendiente moderada:					
Exposición (N, S, E, O):					Relieve plano sin drenaje:					
Pedregosidad:					Relieve de fondo de colina:					
4. Vegetación natural					4. Vegetación antropogénica					
Monte alto o selva ()					Cafetal () Potrero()					
Monte mediano o acahual maduro ()					Milpa () Sola ()					
Monte bajo o acahual joven ()										
5. Cuerpos de agua asociados al árbol										
Manantial () Arroyo () Río ()										
6. Datos árbol madre										
Núm. de árbol	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Altura total										
Altura del fuste										
Diámetro de la copa										
Diámetro del tronco										
Peso de frutos										
Peso de semillas										
Cantidad frutos/semillas										

*El GPS es un instrumento electrónico que nos da las coordenadas de un objeto o lugar para poder determinar su posición.

Obtención de semilla

La calidad de la semilla implica el conocimiento preciso de las fuentes parentales y de las características de las especies. Para asegurar la calidad de la producción es necesario coleccionar de varios árboles, ya que la obtención de semilla de un solo individuo resulta en una sobrevivencia baja y/o árboles de mala calidad. La semilla se colecciona de frutos maduros provenientes de 15 a 25 árboles que deben estar separados aproximadamente 100 m uno de otro. Esto asegura la diversidad genética de la especie, su adecuada representación y reduce la posibilidad de que los árboles sólo estén adaptados al sitio de colecta (Napier, 1985). En muchos viveros forestales la fuente principal de las semillas son recolecciones locales. Así, las colectas deben planearse de acuerdo con los ciclos de reproducción de la especie y las variaciones ambientales. Las características más importantes para las colectas consecutivas son: la edad del árbol o especie para producir semillas, la floración y la dispersión de frutos (Arriaga *et al.*, 1994). La cantidad ideal de semillas para realizar pruebas de germinación es de 400-1000 por especie (ISTA, 2003).

Planificación

El primer paso para una colecta exitosa es elaborar un plan con objetivos calendarizados. En esta fase del proceso se incluye la selección de árboles semilleros, equipo de colecta, personal especializado, materiales para el transporte, vehículos y tiempo requerido (Alba, 1993). Los programas de colecta de semillas operan con presupuestos y calendarios con al menos un año de anticipación. Resulta fundamental realizar recorridos de reconocimiento antes de la colecta. Normalmente, los árboles presentan variaciones anuales en la producción de semillas, por tanto, es necesario realizar estimaciones para la cosecha. Las actividades de recolección pueden ser caras, ya que implican el costo de transporte de los recolectores, los frutos y la cosecha de cada árbol. Por lo que resulta más económico coleccionar

solamente en años semilleros, es decir, cuando el árbol rinde más frutos y los frutos tienen más semillas (Zobel y Talbert, 1988).

Época de cosecha

El periodo de cosecha o colecta de las semillas es marcado por la madurez de la semilla (Niembro, 1988). Al conocer el grado de madurez de ésta, es posible cosechar los frutos inmediatamente y aun antes de su caída natural. Se considera que la madurez se alcanza en el momento que los agentes naturales empiezan a causar la dispersión de semillas y el color del fruto cambia (Alba, 1993). La madurez también ocurre cuando la semilla llega a su peso máximo o madurez fisiológica y significa que ya no depende de la planta madre (Niembro, 1988).

Un periodo de colecta adecuado permite la obtención de semillas de mejor calidad. Las semillas completamente maduras tienen la más alta viabilidad y buenas reservas (Willan, 1985). Es importante considerar que para cada sitio y cada especie el tiempo de madurez es diferente. No siempre los frutos de un mismo árbol alcanzan su madurez en el mismo periodo, por lo que existen frutos maduros e inmaduros simultáneamente. Por ello, es casi imposible evitar coleccionar al menos 1% de frutos inmaduros. En algunas especies, los frutos maduros son retenidos en el árbol por 1 o 2 años y por lo tanto se recolectan en cualquier época (Alba, 1993). Es recomendable preguntar a los habitantes del lugar sobre la maduración de los frutos y corroborarlo con recorridos de campo. De igual manera, no debe olvidarse que existen varios estudios fenológicos de muchas especies. Toda esta información debe utilizarse para planear la cosecha. En el cuadro 16 se presenta un ejemplo de etapas de floración y fructificación de algunas especies nativas de la zona totonaca.

Cuadro 16. Etapas de floración y fructificación de algunas especies nativas de la zona totonaca

<i>Especie</i>	<i>Floración</i>	<i>Fructificación</i>
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	noviembre-febrero	marzo-mayo
<i>Bursera simaruba</i> (L) Sarg.	febrero-septiembre	febrero-septiembre
<i>Carpodiptera ameliae</i> Lundell	julio-agosto	septiembre-octubre
<i>Castilla elastica</i> Cerv.	marzo-junio	julio-octubre
<i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaertn	diciembre-marzo (pero no es anual)	abril-junio
<i>Cedrela odorata</i> L.	mayo-agosto	junio-agosto
<i>Cojoba arborea</i> (L) Britton & Rose	abril-octubre	octubre-junio
<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	abril-junio	agosto-enero
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Kunth	febrero-abril	marzo-junio
<i>Guarea glabra</i> Vahl.	todo el año	enero-mayo
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	abril-octubre (y casi todo el año)	septiembre-abril
<i>Inga vera</i> Willd	casi todo el año	casi todo el año
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	casi todo el año	febrero-agosto
<i>Pimenta dioica</i> (L) Merrill	marzo-junio	junio-diciembre
<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz) Sleumer	junio-agosto	septiembre-noviembre
<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	casi todo el año	casi todo el año
<i>Spondias mombin</i> L.	abril-junio	julio-diciembre
<i>Spondias purpurea</i> L.	febrero-mayo	mayo-julio
<i>Swietenia macrophylla</i> King	abril-agosto	julio-abril

Evaluación, duración de la cosecha y métodos de colecta

La evaluación de la cosecha se determina mediante los kilogramos de semilla limpia por costal. La duración de la cosecha es importante para la organización de la colecta, el transporte y el procesamiento de las semillas. Muchas especies muestran una fructificación menor a un

mes, por lo que las actividades se deben planear para este periodo (Alba, 1993). La temperatura y la humedad son determinantes para la maduración, a mayor temperatura y humedad, la maduración es más rápida y viceversa.

Acceso al árbol y sus frutos

La mejor forma de recolección de los frutos es obteniéndolos directamente del árbol. Generalmente los frutos caídos presentan algunas enfermedades o semillas improductivas por depredación de insectos (Alba, 1989). La recolección de los frutos implica tres pasos: 1) acceso al árbol y sus frutos, 2) cosecha de los frutos y 3) recolección de los frutos (Alba, 1989). Dependiendo de las características del árbol como: tronco, tipo de corteza, forma de la copa, tamaño, ángulo de las ramas, resistencia, densidad del follaje y altura de la copa, así como la facilidad de acceso a los frutos, se pueden usar diversas herramientas para la colecta de éstos. Algunas técnicas utilizadas para la cosecha son las siguientes (Alba, 1989):

Acceso desde el piso: cuando no es posible ascender al árbol, se pueden utilizar ganchos o herramientas de largo alcance para obtener los frutos. En este método se corre el peligro de recolectar las ramas más bajas y laterales, lo cual no siempre asegura la mejor calidad de las semillas, pues debido a la posición no se logra una polinización adecuada. Lo contrario ocurre con los frutos y semillas que se encuentran en la copa superior (fig. 22).

Acceso usando una red encima de la copa: este método se utiliza para árboles con copas densas y de gran cantidad de frutos. Consiste en lanzar una red con una hulera, arco o alguna otra herramienta y sujetarla a lo ancho de toda la copa para cubrirla. Una vez extendida y sujetada, se sube por alguna de las líneas tirantes, desplazándose por la red sobre la copa del árbol y retirando los frutos. La desventaja de este sistema radica en la dificultad para colocar la red en la posición deseada (fig. 23).

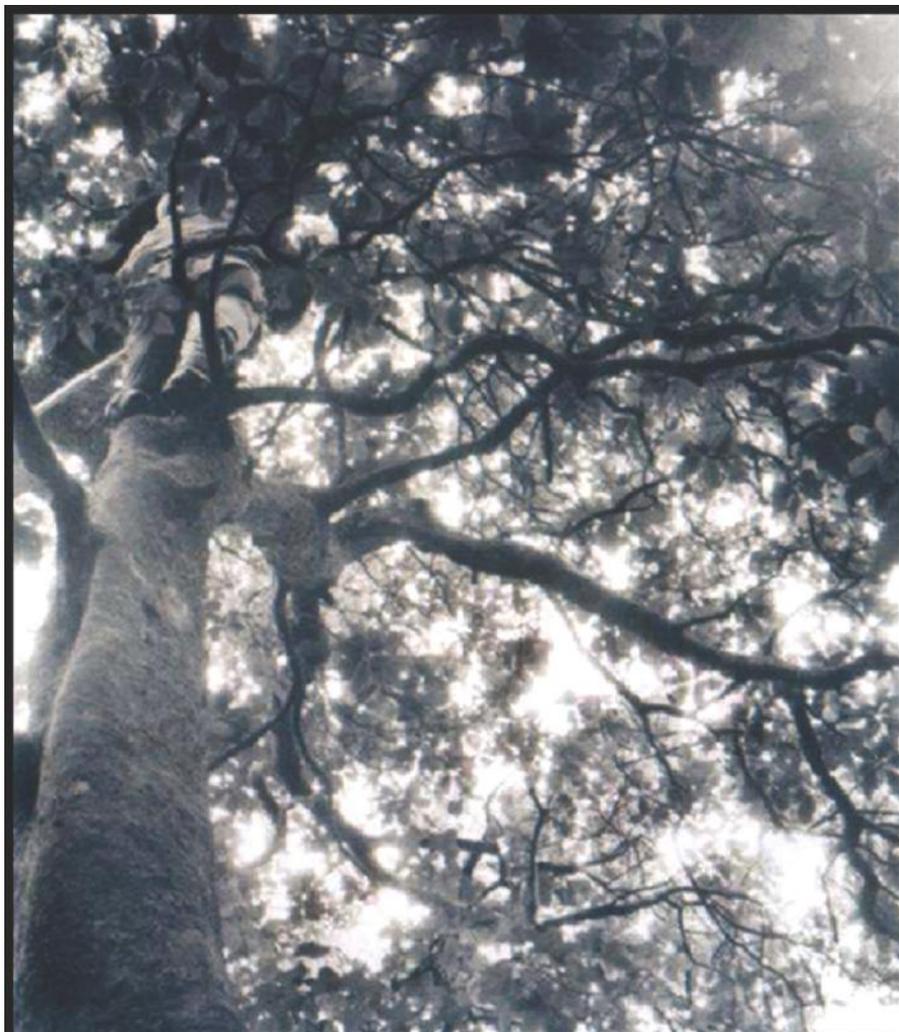
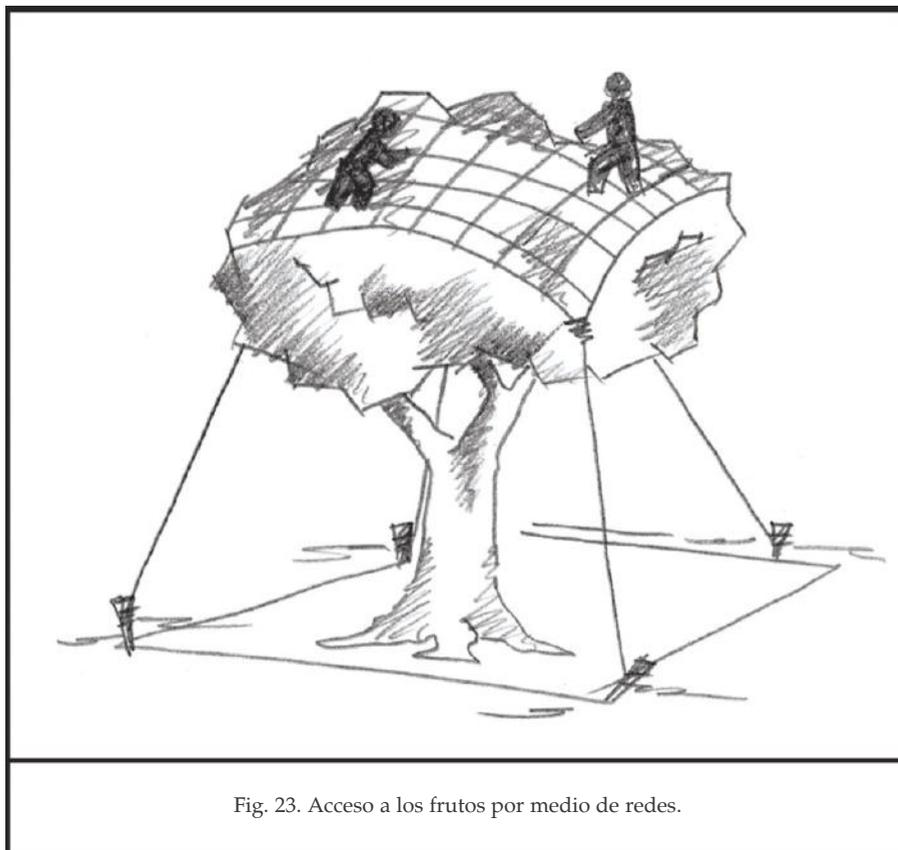


Fig. 22. Acceso a los frutos desde el piso (Saiz, 2004).



Acceso desde el interior de la copa: este se realiza cuando las ramas y la copa están ubicadas de tal manera que permiten al colector trepar el tronco y llegar a los frutos. Para escalar el tronco se utilizan las siguientes herramientas:

1. *Espolones:* se usan en caso de que la corteza sea blanda, firme y el tronco no muy ancho. Además se utiliza un cinturón de seguridad y dos bandolas para ayudar al escalador a sostenerse. Este sistema puede resultar dañino para la corteza y ocasiona enfermedades posteriores. Si se piensa subir a ese árbol en años posteriores, esto ocasionará daños inaceptables (fig. 24).

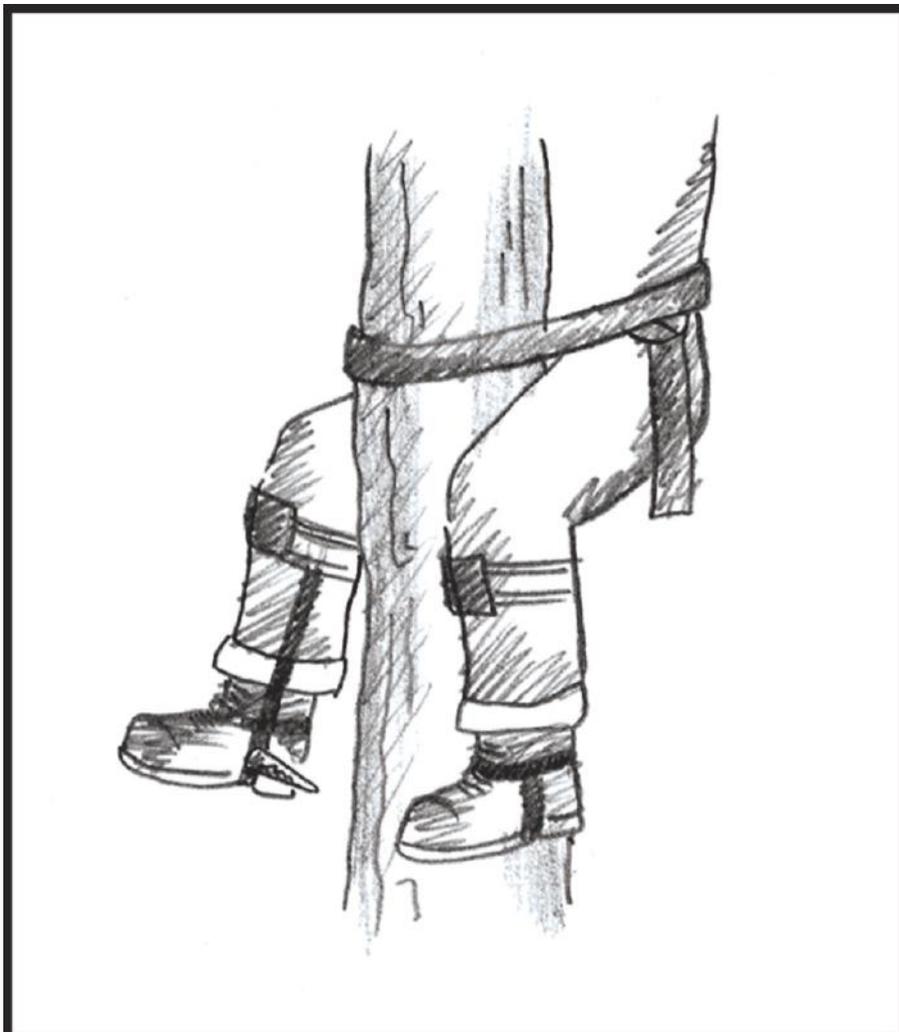


Fig. 24. Acceso a los frutos ayudado por espolones.

2. *Escalera*: se usa de materiales livianos, algunas son desmontables y se pueden acomodar a medida que se escala el árbol. La desventaja de esta herramienta es el tiempo que se emplea en montarla y desmontarla; además son muy voluminosas, lo que hace difícil cargarlas dentro del bosque. Existe una escalera enrollable fabricada con dos cuerdas laterales y entrepaños de madera o aluminio amarrados a las cuerdas. Ésta es tan larga como sea necesario y para colocarla se estira con la ayuda de una cuerda hasta la rama principal del árbol para luego jalarla hasta tensarla y sujetarla a éste. Se utiliza para escalar especies latifoliadas (fig. 25).

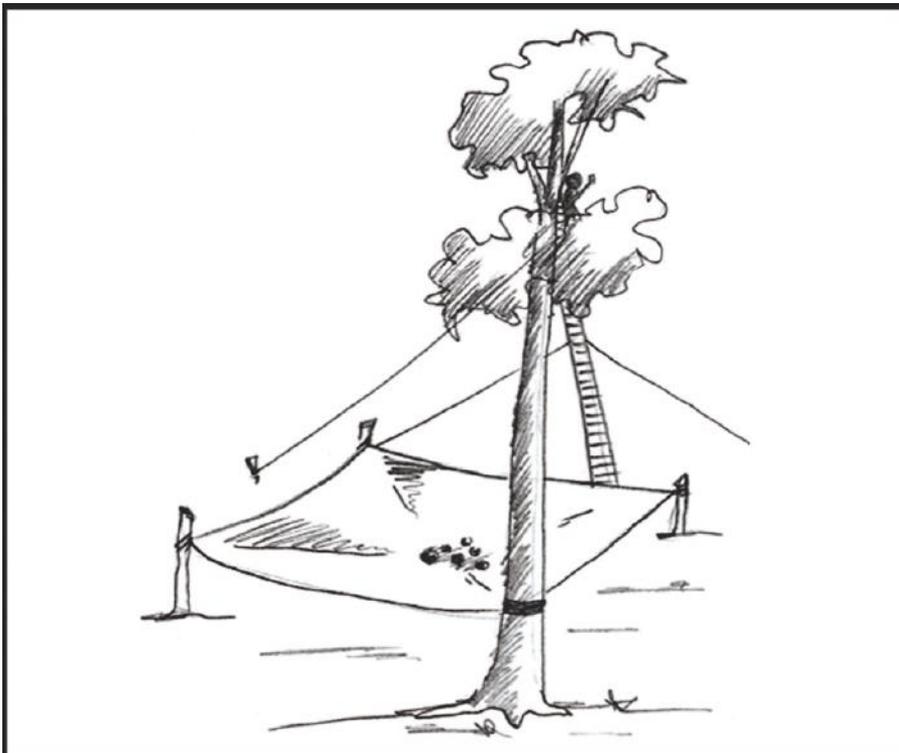


Fig. 25. Acceso a los frutos por medio de escaleras.

Cosecha de los frutos

Una vez que se ha logrado acceder al árbol, se procede a cosechar los frutos ya sea desprendiéndolos uno por uno o cortando una rama con sus frutos. Esto último no es recomendable, ya que se eliminan las cosechas futuras. El recolector debe preferir hacer el corte con las manos en caso de alcanzarlos o con la ayuda de ganchos largos si están alejados (Willan, 1985).

Cuando los frutos o semillas son desprendibles fácilmente, es posible recolectarlos del suelo. Aunque esto no es un método apropiado, se recomienda coleccionar los frutos o semillas tan pronto como caigan para que la calidad no sea afectada (Alba, 1993). Por ejemplo se puede colocar una red debajo de los árboles para la cosecha. Otra forma de colecta consiste en sacudir las ramas manualmente o con un brazo hidráulico que ejerza una vibración para obtener las semillas. Sin embargo, este sistema es costoso y la topografía de los lugares puede impedir su transportación.

En el cuadro 17 se presentan las características de algunas especies nativas de la zona totonaca y sugerencias para la recolección de sus frutos. Una vez obtenidos los frutos es importante que se guarden por separado en sacos y se etiqueten con el número de registro del árbol. Éste debe incluir el diámetro, la altura y el diámetro de la copa, la localización del árbol, la fecha y el lugar de colecta (Alba, 1989). Posteriormente, los frutos se trasladan al sitio de procesamiento para limpiar las semillas y eliminar el exceso de humedad.

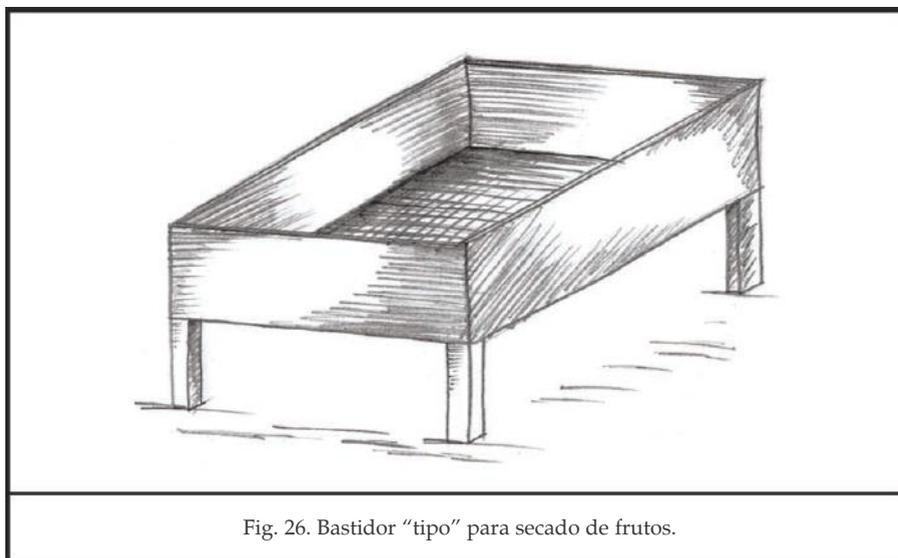
Beneficio de semillas

El beneficio de las semillas consiste en extraerlas de los frutos. Este proceso se realiza dependiendo de las características de éstos y de la sensibilidad de cada especie a la temperatura, el tiempo que ha pasado desde la colecta del fruto hasta su procesamiento y del contenido inicial de humedad de la semilla. Para la extracción de la semilla es importante secar previamente los frutos, una forma común de secar es tenderlos al sol en lonas o piso pavimentado seco con un

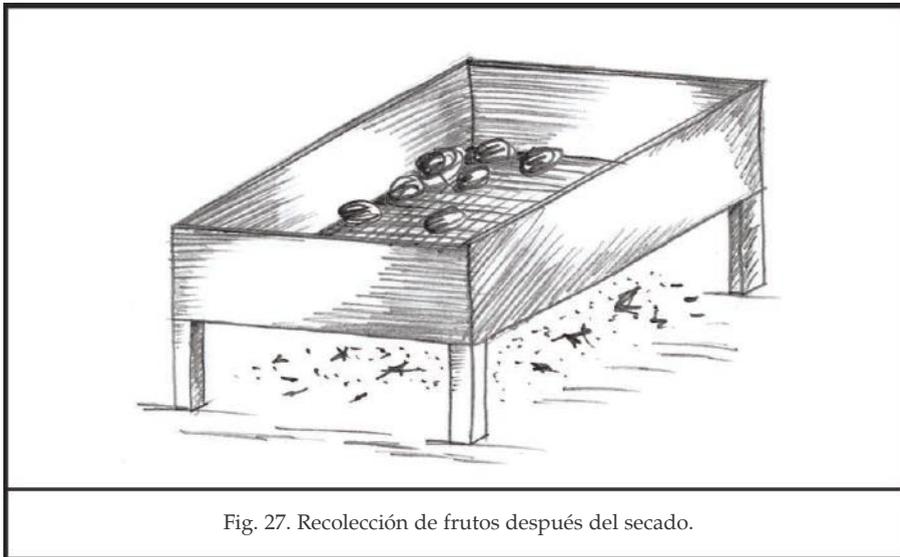
Cuadro 17. Características de los árboles y sugerencias para colectar los frutos

Especie	Copa	Altura y dap del tronco	Corteza	Semilla/fruto	Sugerencia
<i>Brosimum alicastrum</i>	Redonda	40 m, dap 1.5 m	Desprendible	1	Acceso desde el interior con espolones o desde el piso
<i>Bursera simaruba</i>	Irregular dispersa	20-35 m, dap 40-80 cm	Lisa	1-2	"
<i>Carpodiptera amcliae</i>	Redonda	30 m, dap 70 cm	Carposa	1 o 2	"
<i>Castilla elastica</i>	Abierta piramidal	20-25 m, dap 60-150 cm	Lisa	1 o 2	"
<i>Ceiba pentandra</i>	Redonda	Tronco espinado 25-30 m	Lisa, fisurada	120-175 vellosas	Acceso desde el piso
<i>Cedrela odorata</i>	Grande robusta	35-45 m, dap 2 m	Fisurada	20-40	Acceso desde el piso con ganchos o redes
<i>Cojoba arborea</i>	Abierta	15-18 m, dap 50 cm	Fisurada con escamas.	6 a 12	Acceso desde el interior con espolones o desde el piso
<i>Diospyros digyna</i>	Redonda	6-25 m, dap 1-3 m	Caniculada desprendible	6 a 10	"
<i>Gliricidia sepium</i>	Irregular	15-20 m, dap 20-60 cm	Escamosa	3-10	"
<i>Guarea glabra</i>	Irregular	30 m, dap 50 cm	Fisurada, escamosa	2 a 4	"
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Redonda	10-15 m, dap 70 cm	Fisurada	40 a 80	"
<i>Inga vera</i>	Aplanada amplia	12-20 m, dap 30 cm	Lisa c/surcos	Pocas	"
<i>Pachira aquatica</i>	Abundante	20 m	Lisa	5-7	"
<i>Pimenta dioica</i>	Redonda, irregular, densa	6-30 m	Desprendible en escamas	1 o 2	Acceso desde el interior de la copa con ayuda de espolones
<i>Pleuranthodendron lindenbergii</i>	Densa	15 m, dap 20	Descamable	1	Acceso desde el piso
<i>Salix bonplandiana</i>	Columnar estrecha	10-15 m, dap 80 cm	Rugosa fisurada		Acceso desde el interior con espolones o desde el piso
<i>Spondias mombin</i>	Redonda	40 m, dap 90 cm	Fisurada		Acceso desde el interior con espolones
<i>Spondias purpurea</i>	Extendida	8-15 m, dap 80 cm	Rugosa	1-5	Acceso desde el interior con espolones o desde el piso
<i>Sotetenia macrophylla</i>	Abierta y redonda	70 m, dap 2 m	Fisurada	40-60	Acceso desde el interior con espolones

buen drenaje, de esta forma, los frutos terminan su proceso de maduración y las semillas comienzan a salir (Alba, 1993). En caso de frutos completamente secos, se almacenan en sacos no muy llenos para que las semillas no se rompan y se colocan en lugares con ventilación adecuada y temperatura y humedad bajas (Alba, 1989). Otra opción de secado al sol, consiste en colocar a los frutos en cajas de madera con fondo de malla poco profundo y largo. La caja se instala sobre una manta para que las semillas caigan (fig. 26 y 27). En este procedimiento es esencial que las cajas mantengan un buen flujo de aire y estén secas.



Con frutos maduros y carnosos, las semillas se extraen inmediatamente separándolas de la cubierta pulposa y lavándolas con agua. Los frutos se sumergen en agua durante algunas horas para ablandarlos. Las bayas pequeñas se aplastan con un rodillo de cocina, después se remojan en agua y se remueve la pulpa por flotación (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Semillas como las de *Diospyros digyna* (zapote negro) se extraen macerando el fruto a mano o mecánicamente, posteriormente



se pasan por tamices de diferentes aberturas, usando del mayor al menor para obtener una semilla limpia (Conabio, 2006). Las alas de las semillas también deben desprenderse antes de colocarlas a germinar, ya sea manualmente o por frotación dentro de una bolsa de tela; después de la obtención de las semillas, se revisan y se secan para evitar problemas de plagas y enfermedades (Napier, 1985).

Almacenamiento

El almacenamiento de las semillas consiste en preservarlas para conservar su capacidad de germinación y protegerlas de roedores, pájaros e insectos. El periodo de viabilidad de las semillas almacenadas depende de: 1) factores genéticos, 2) madurez del fruto y de las semillas, 3) condiciones ambientales óptimas de almacenamiento y 4) sobrevivencia de las semillas de acuerdo con su viabilidad inicial (Schmidt, 2000; Hong y Ellis, 2003).

Las semillas totalmente maduras y libres de plagas son las que se preservan durante mayor tiempo. Las semillas con testa dura tienen una viabilidad mayor y casi en cualquier tipo de condiciones, ya que la cubierta las mantiene secas y libres de insectos. En cambio, las semillas de cubiertas delgadas están más expuestas al ambiente y a factores biológicos que reducen su viabilidad (Napier, 1985). Un buen ambiente de almacenamiento debe de controlar la temperatura y la humedad con el fin de evitar la aparición de hongos y plagas. En general, para las especies forestales el contenido de humedad debe variar entre 6% y 8%, y la temperatura de 1 °C a 5 °C.

El tipo de semilla (ortodoxa, recalcitrante o intermedia) también influye en la viabilidad. Las semillas ortodoxas pueden secarse a bajos niveles de humedad sin dañarse. Su subsistencia aumenta con la disminución del contenido de humedad y la disminución de temperatura (Hong y Ellis, 2003). El contenido de humedad óptimo varía, una manera sencilla de reducirlo consiste en colocar las semillas a una temperatura de 15 °C a 19 °C y exponerlas a una atmósfera de humedad relativa (18%-20%) por un mes. Esto se logra usando una cámara de deshidratación fresca o desecadora de campana de vidrio (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Una vez que las semillas se deshidratan, se almacenan en tubos de cristal con un material secante como sílica-gel. Las semillas secas deben colocarse en contenedores o recipientes herméticamente cerrados y etiquetados y las recalcitrantes no pueden secarse sin ser dañadas (Hong y Ellis, 2003), y no existen tratamientos que prolonguen significativamente su duración (Schmidt, 2000). Su vida útil es corta y va de semanas a algunos meses. Las semillas intermedias sobreviven parcialmente secas.

Para el almacenamiento de las semillas, los laboratorios profesionales utilizan frascos herméticos de cristal o metal, tubos de cristal cerrados a fuego y bolsas gruesas de polietileno selladas a fuego dentro de sobres de papel aluminio. Posteriormente, estas semillas pueden guardarse en congeladores. En instalaciones relativamente pequeñas, las semillas se pueden guardar en algodón con una sustancia deshidratante en recipientes de vidrio cerrados a fuego. Para abrir los frascos es necesario permitir una elevación gradual de la

temperatura y extraer sólo una porción de semillas para uso. Antes de sembrar las semillas almacenadas, éstas deben rehidratarse cuidadosamente (Vázquez-Yanes *et al.*, 1999). Primero, se ponen en contacto con una atmósfera fresca y ligeramente húmeda. Luego se lavan o sumergen en agua para recuperar humedad. Finalmente, la viabilidad de las semillas se comprueba considerando el porcentaje de germinación en diferentes lotes. Treinta por ciento de germinación indica que las semillas no se encuentran en buen estado.

El almacenamiento de semillas puede ser una alternativa económica para individuos o comunidades. Por ejemplo, desde 1990, la Fundación Internacional de Recursos Genéticos, Ecología, Energía y Nutrición, se ha dado a la tarea de impulsar la conformación de bancos de semillas comunitarios (Ramprasad, 2007). Estos bancos funcionan de forma similar a los bancos comerciales pero las transacciones son con semillas. Los cuentahabientes se asocian mediante el pago de una cuota fija anual de semillas y el banco las almacena sin costo adicional. Las personas que usan los servicios del banco piden préstamos de semillas que retribuyen después de la cosecha, con el doble de lo prestado.

Certificación de la calidad de las semillas

La certificación de semillas consiste en verificar e inspeccionar su proceso de producción en campo, beneficio, acondicionamiento, almacenamiento y comercialización, para asegurar una calidad óptima y un alto porcentaje de germinación. La certificación se realiza conforme a normas de calidad establecidas internacionalmente. Las normas de certificación más difundidas son las de la Asociación de Agencias Oficiales Certificadoras de Semilla (AOSCA) y las de la Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (ISTA). Estos estándares han sido adoptados por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE). De esta manera, la FAO y la OCDE han conformado el Esquema de Certificación de la OCDE, que

consiste en un sistema uniforme para la identificación y control de la identidad genética de los materiales reproductivos forestales. En México, sólo las semillas que cubren los requisitos de alta calidad genética, fisiológica, física y fitosanitaria son certificadas por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (Sagarpa). Para llevar a cabo la certificación de las semillas es importante tener en cuenta los siguientes elementos: 1) el lugar delimitado de reproducción y extracción de las semillas y 2) el análisis de la calidad fisiológica que garantiza un germoplasma con las propiedades fisiológicas indicadas en el certificado correspondiente (INIFAP, 1994).

Los certificados que acompañan a los lotes de semillas deben incluir los distintos procedimientos para un buen manejo y la obtención de tasas altas de germinación. El proceso de certificación puede incluir la viabilidad de las semillas. Uno de los procedimientos más comunes para probar la viabilidad es con rayos X, aunque esta prueba sólo verifica la cantidad de semillas dañadas o parasitadas de una muestra. Dentro de la certificación también es recomendable realizar pruebas de germinación a diferentes tiempos y comparar los resultados (INIFAP, 1994). Generalmente, las pruebas de germinación deben hacerse con semillas que previamente no hayan recibido pretratamientos, es decir, procedimientos físicos o químicos para inducir su germinación (ISTA, 2003). La germinación se debe realizar en papel o arena (ISTA, 2003). Las temperaturas y la duración de éstas deben apearse a las recomendaciones del ISTA y de las especies. Cuando estas pruebas fallan es recomendable realizar otra, evitando la contaminación por hongos o bacterias, errores en la evaluación o el conteo y sospecha de latencia o letargo.

3. GERMINACIÓN Y PROPAGACIÓN DE ESPECIES BAJO CONDICIONES EXPERIMENTALES CONTROLADAS Y EN VIVEROS RÚSTICOS

Aspectos sobresalientes de la germinación

En este capítulo se explican los diferentes tipos de germinación presentes en la mayoría de las especies forestales, el concepto de latencia y los diferentes métodos para romperla. De igual manera, se exponen las condiciones ambientales ideales para una adecuada germinación y los procedimientos para evaluarla. Además, se discuten los métodos de germinación y propagación (sexuales y asexuales) de especies en viveros rústicos. Finalmente, se describen ejemplos de especies nativas reproducidas en la zona totonaca.

De manera general podemos definir que la germinación ocurre cuando la semilla emite la radícula o cuando emerge del suelo, es decir, cuando la plántula ya no depende de los tejidos nutritivos de la semilla y es capaz de producir sus propios alimentos (Camacho, 1994). Cada especie de la comunidad vegetal tiene mecanismos de germinación característicos que responden al efecto de la selección natural inducida por las condiciones ambientales predominantes sobre la naturaleza y la fisiología de las semillas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Por ejemplo, muchas de las especies de la selva tropical húmeda germinan rápidamente y no tienen periodos de latencia largos. Sin embargo, la germinación en vivero no es el único método de producción de plántulas. La propagación de especies forestales se puede realizar de manera vegetativa o asexual. En este método también se

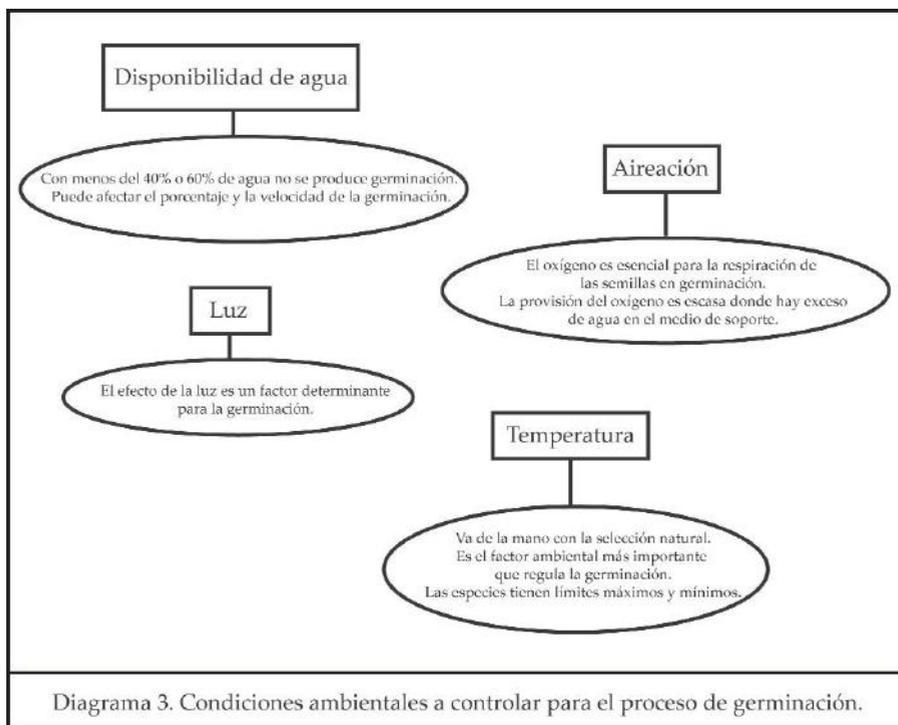
seleccionan árboles madre con buenas características genéticas para obtener estacas, varetas o yemas.

Germinación

La germinación de las semillas comprende tres etapas sucesivas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997): 1) la absorción de agua por imbibición causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa, 2) inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de reservas alimentarias en zonas en desarrollo del embrión y 3) el crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plántula.

En la mayoría de las semillas, el agua penetra inicialmente por el micrópilo y la primera manifestación de la germinación exitosa es la emergencia de la radícula. Existen básicamente dos tipos de germinación: la epigea y la hipogea. En la germinación epigea, el hipocótilo se alarga y aleja a los cotiledones del suelo, posteriormente surgen las hojas cotiledonarias que frecuentemente son de color verde y realizan funciones fotosintéticas durante el crecimiento temprano de la plántula. En tanto, en la germinación hipogea el hipocótilo no se desarrolla y los cotiledones permanecen bajo el suelo o ligeramente sobre éste y las hojas cotiledonarias sólo almacenan nutrientes (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

En el trópico, las semillas presentan tipos de germinación intermedios entre los dos descritos y tienden a germinar casi de inmediato cuando las condiciones ambientales son adecuadas. Con frecuencia, en pocos días, la radícula emerge entre las cubiertas de la semilla y en pocas semanas concluye la germinación total de las semillas viables. Prácticamente éstas no tienen latencia y el único factor que determina la germinación es la disponibilidad de agua (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Las semillas requieren condiciones estables en las que humedad, luz, temperatura y oxígeno activen el metabolismo de la germinación. En el diagrama 3 se hace referencia a cómo cada uno de estos factores externos influye para el inicio de la germinación. Su efecto se expresa tanto en la capacidad germinativa como en la velocidad de germinación (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).



En el cuadro 18, se muestran los rangos de temperatura y porcentajes de germinación de algunas especies nativas de la zona totonaca.

Cuadro 18. Condiciones controladas de germinación para algunas especies de la zona totonaca (Ramos, 2008)

Especie	Temperatura mínimas y máximas	Inicio de germinación en días	Fin del periodo de germinación en días	% de germinación
<i>Diospyros digyna</i>	15-35 °C	35	70	37
<i>Pimenta dioica</i>	15-35 °C	14	42	73-85
<i>Cojoba arborea</i>	15-35 °C	7	49	63-96
<i>Castilla elastica</i>	15-35 °C	35	70	76-88
<i>Brosimum alicastrum</i>	15-35 °C	35	105	76
<i>Carpodiptera ameliae</i>	15-35 °C	21	91	42-63
<i>Pleuranthodendron lindenii</i>	15-35 °C	14	63	66-79
<i>Ceiba pentandra</i>	15-35 °C	14	28	43-61

Latencia y quiescencia

El estado de reposo de la semilla puede ser clasificado como quiescencia o latencia. La quiescencia se produce por falta de agua, como ocurre con las semillas almacenadas en condiciones artificiales. Por el contrario, la latencia es el reposo de las semillas cuando no germinan a pesar de encontrarse en condiciones óptimas de temperatura y humedad. La latencia es una estrategia adaptativa ante ambientes desfavorables y se expresa en regulaciones cronológicas de interrupción del crecimiento y de disminución del metabolismo durante el ciclo de vida de la semilla (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). La latencia puede ser: 1) innata o endógena o 2) inducida o secundaria.

La latencia innata o endógena se presenta cuando hay inmadurez en el embrión causada por el equilibrio de las sustancias reguladoras del crecimiento en la semilla (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). La duración de la latencia innata o natural es muy variable, depende de la especie y hasta de los individuos (cuadro 19), por lo que cuando se usen semillas de especies tropicales es importante considerar los tiempos de latencia y planear de acuerdo con ellos.

Cuadro 19. Tipos de latencia endógena (Hartman *et al.*, 1990; Camacho, 1994)

1. La latencia morfológica presenta embriones rudimentarios y para su germinación es necesario tener una temperatura y humedad adecuadas.
 2. La latencia fisiológica presenta bloqueos metabólicos y baja permeabilidad de las cubiertas a los gases. Esta se divide en tres tipos: leve, fisiológica y morfofisiológica:
 - 2.1 Leve: sucede cuando la luz, ciertas temperaturas y el almacenamiento en seco dañan a las cubiertas, reguladores del crecimiento o existe un periodo corto de enfriamiento en húmedo.
 - 2.2 Fisiológica intermedia o profunda: ocurre debido a un periodo largo o prolongado de enfriamiento en húmedo que puede acortarse con otros tratamientos.
 - 2.3 Morfofisiológica intermedia o profunda: causa embriones rudimentarios y se afectan la germinación y el crecimiento de las plántulas. Se presenta cuando hay enfriamiento en húmedo y después un periodo cálido. En este tipo de latencia también se puede dar inhibición del crecimiento del tallo y de la raíz.
-

La latencia inducida o secundaria ocurre cuando las semillas están en condiciones fisiológicas y ambientales adversas para germinar. Muchas de las semillas en este estado, por lo general, no pueden germinar a pesar de continuar vivas. Sin embargo, algunos estímulos hormonales o una perturbación en el ambiente que modifica el régimen lumínico o el contenido de oxígeno disponible, ayuda a romper el estado de latencia (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997). Este tipo de latencia se puede clasificar como física, química y mecánica (cuadro 20).

Cuadro 20. Tipos de latencia exógena (Hartman *et al.*, 1990; Camacho, 1994)

-
1. La latencia física se desarrolla por la impermeabilidad de la testa al agua, se puede modificar con la perforación de la testa.
 2. La latencia química es causada por la presencia de inhibidores en la cubierta externa y se puede cambiar mediante la eliminación de la cubierta o de los inhibidores.
 3. La latencia mecánica ocurre por la resistencia de las cubiertas al crecimiento del embrión, se puede corregir debilitando la cubierta.
-

Tratamientos para romper la latencia

En cada ecosistema las semillas están expuestas a tratamientos naturales que propician su germinación, tales como hormonas vegetales o exposición a jugos gástricos del tracto digestivo de algún animal. Para la propagación en vivero, muchas veces es necesario tratar o escarificar a las semillas para activar la germinación. La escarificación consiste en romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para que sean permeables al agua y a los gases, y posteriormente iniciar el proceso de germinación (Hartman *et al.*, 1990). Los tratamientos de escarificación son diversos, a continuación se ejemplifican los más comunes (Hartman *et al.*, 1990; Camacho, 1994).

1. *Agua caliente.* Se utiliza para latencia física y química. El agua imita el efecto térmico de los incendios, ya que humedece y calienta el sustrato en un periodo que favorece la germinación de la semilla.

Se aplica a las camas de siembra y se hacen periodos de inmersión tanto largos como cortos dependiendo del tipo de semilla. El agua puede usarse desde los 100 °C y mantenerla constante hasta enfriarla gradualmente en un periodo de 12 a 24 horas.

2. *Almacenamiento en seco*. Se aplica en latencia fisiológica intermedia, leve y profunda o en latencia física. La temperatura se puede o no controlar dependiendo de la semilla, y ésta se almacena o se coloca bajo la tierra.
3. *Calentamiento en seco*. Se emplea para latencia física y química. El calor imita el efecto de las altas temperaturas sobre la cubierta durante los incendios cuando el suelo está carente de humedad. Se utilizan hornos o se quema paja sobre almácigos. La temperatura puede ser mayor de 100 °C y se determina con base en temperaturas reportadas durante incendios para diferentes profundidades del suelo. Es necesario limitar el tiempo de exposición.
4. *Ácidos*. Se utilizan cuando hay latencia física, química, mecánica y fisiológica intermedia, leve y profunda. Imita el paso de la semilla por el tracto digestivo de los animales. Las semillas se sumergen en ácido (por ejemplo sulfúrico) y se usan diferentes concentraciones (10%-100%) y tiempos de exposición (de 10 minutos a 6 horas) dependiendo de la especie.
5. *Congelamiento*. Se emplea en latencia física intermedia, leve y profunda. Las semillas se remojan en agua por 12 o 24 horas antes del congelamiento. La temperatura que se usa es de 0 °C a 10 °C y el tiempo de refrigeración varía y puede llegar a 4 meses.
6. *Control de luz y temperatura*. Se utiliza en latencia fisiológica intermedia y leve. En este método se imita la variación de temperatura a lo largo del día, su éxito depende de la edad y el manejo previo de las semillas. Se aplica a cámaras de germinación.
7. *Enfriamiento en húmedo*. Se emplea en latencia fisiológica intermedia, leve y profunda. Las semillas se humedecen y enfrían, pero no se congelan por algunos días. El enfriamiento en húmedo de forma directa se realiza cuando las semillas se siembran directamente en el sustrato durante el otoño.

8. *Escarificación mecánica*. Se aplica en la latencia física, química, mecánica y fisiológica intermedia, leve y profunda (cuadro 21). En esta técnica se desgasta la testa de forma manual por abrasión o golpeo, pero es necesario conocer la ubicación del embrión para no dañarlo.
9. *Hormonas vegetales*. Son usadas para romper la latencia fisiológica intermedia leve y profunda y morfológica. En este método el medio de germinación se moja continuamente con disolventes orgánicos hormonales.
10. *Remojo*. Se emplea para la latencia química, mecánica, intermedia leve y profunda. Las semillas se remojan con agua corriente o sumergiéndolas en agua tibia y cambiándola cada 12 horas. El agua ablanda las cubiertas de las semillas y éstas se siembran en verano o a inicio del otoño cuando la temperatura del suelo es cálida.
11. *Exposición de luz*. Se utiliza para la latencia física. En esta técnica se remojan y se secan las semillas. Después se les aplica luz blanca fluorescente (3.5 watts) al menos 8 horas diarias.

Cuadro 21. Escarificación recomendada para algunas especies forestales

<i>Especie</i>	<i>Escarificación</i>	<i>Días en germinar</i>	<i>Porcentaje</i>
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz	No requiere ^{1, 2}	15 ¹	70-85 ¹
<i>Bursera simaruba</i> (L) Sarg.	No requiere ²	No disponible ²	No disponible ²
<i>Castilla elastica</i> Cerv.	No requiere ²	Inicia día 12 y termina día 30 ²	72 ²
<i>Ceiba pentandra</i> (L) Gaertn	Inmersión en agua hirviendo, se retira del calor y se deja en agua por 24 horas ²	15 ¹	60 ¹ -85 ²
<i>Cedrela odorata</i> L.	No requiere ²	20-30 ²	50-90 ²
<i>Cajupati arborea</i> (L) Britton & Rose	Remojar en agua 24 horas ³	No disponible	90-95 ³
<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	Remojar en agua 24 horas ²	30 ¹	
<i>Guarea glabra</i> Vahl.	Remojar en agua 24 horas ³	65-70 ³	80-82 ³
<i>Pimenta dioica</i> (L) Merrill	No requiere ²	10 ¹	70 ¹

¹Benítez Badillo *et al.*, 2004; ²Conabio, 2006; ³Flores, 2003; ⁴Semarnat, 2006.

Viabilidad

La comprobación de la viabilidad de la semilla se realiza mediante una prueba de germinación. Otros procedimientos, como la prueba del tetrazolio o el uso de respirómetros son complicados y frecuentemente no rinden resultados satisfactorios. La mejor solución para mantener la viabilidad de las semillas es almacenarlas siempre en condiciones específicas.

Evaluación del proceso germinativo

El objetivo fundamental de los análisis de germinación consiste en evaluar la capacidad germinativa de las semillas, ya que la irregularidad de la germinación ocasiona plantas con tamaños distintos, afecta el éxito del trasplante e incrementa los costos de producción (Arriaga *et al.*, 1994). Para evaluar el proceso germinativo se consideran los siguientes aspectos:

1. *Capacidad de germinación*: es el número de semillas que germinan en condiciones definidas o con un tratamiento específico. Se expresa en porcentaje (%) o en números absolutos.
2. *Velocidad de germinación*: evalúa la rapidez o tasa con que ocurre la germinación en tratamiento.
3. *Homogeneidad de germinación*: señala qué tan simultánea es la germinación entre plantas durante un tiempo determinado.

Los resultados de estos índices ayudan a evaluar la viabilidad y el vigor del lote de semillas así como la efectividad del tratamiento pregerminativo. Aunque estas evaluaciones se hacen en laboratorio y en condiciones controladas, conviene realizarlas también en los viveros para probar las condiciones en el campo de especies nativas o nuevas en la zona. El conocimiento de la germinación óptima de las semillas, ayuda a establecer las condiciones favorables para la propagación masiva de las especies de interés (Arriaga *et al.*, 1994). A continuación se presenta una guía para realizar pruebas de germinación en vivero,

antes de iniciar la producción de plantas. Los pasos a seguir son los siguientes (Arriaga *et al.*, 1994):

1. Hacer un almácigo con divisiones claras (compartimentos) para evitar que las semillas para sembrar se mezclen.
2. Humedecer el almácigo y sembrar no menos de 100 semillas previamente escarificadas (ISTA, 2003). Si se tienen suficientes semillas es aconsejable probar 200 semillas, además de las utilizadas como testigo (semillas sin tratamiento) y las réplicas o repeticiones.
3. Registrar la fecha de la siembra.
4. Regar y revisar diariamente el almácigo para evitar hongos, insectos o basura.
5. Anotar la fecha y el número de semillas germinadas por día hasta la última o bien esperar de 1 a 3 meses para determinar la germinación diaria a través del tiempo.
6. Determinar el tiempo de latencia (TL) contando los días transcurridos desde la siembra hasta el inicio de la germinación. El TL ayuda a conocer la efectividad del tratamiento o tratamientos para romper la latencia.
7. Determinar la capacidad de germinación (CG%) de las semillas para decidir si el tratamiento es efectivo, es decir, mayor al 60%. Se utiliza la siguiente fórmula: $CG\% = (\text{número de semillas germinadas} \times 100) / \text{número de semillas sembradas}$.
8. Establecer la Capacidad Germinativa (CG), que es el número de días requeridos para obtener el máximo porcentaje de germinación e inferir el vigor de las semillas, ya que después de ese día la mayoría de las semillas no logra germinar.
9. Comparar con gráficas los índices alcanzados y estimar el éxito de la germinación a través del tiempo, la eficacia del tratamiento pregerminativo, el tiempo de siembra, el número de semillas para sembrar, así como el tiempo de espera para decidir si es necesario resembrar.

Sistemas de germinación en vivero

La germinación en viveros forestales puede ser realizada en: 1) bancales o camas de germinación, 2) en envases de crecimiento o 3) en semilleros o almácigos (Napier, 1985). La selección del método depende de los intereses y el tipo de especies que se desean propagar. La siembra directa en bancales o camas de germinación es una técnica en la que las plantas se desarrollan directamente sobre el suelo del vivero (Arriaga *et al.*, 1994). Los bancales o camas de germinación se construyen en línea recta dejando suficiente espacio entre ellos para el paso de luz y aire (fig. 28). La siembra se realiza al voleo, es decir, esparciendo las semillas o marcando pequeños surcos sobre el sustrato con una herramienta o con los dedos para depositar las semillas (Uncader, 2001).

La siembra en envases de crecimiento como las bolsas de plástico, se hace de forma directa con semillas de alta capacidad de germinación. Para la siembra de semillas, el sustrato debe estar perfectamente húmedo y la profundidad donde se coloca la semilla será homogénea.

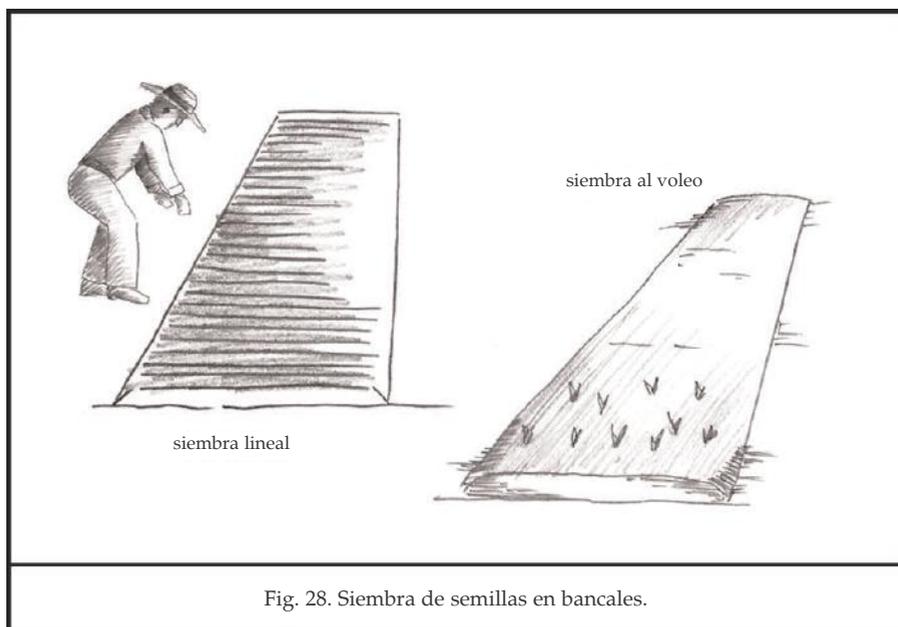


Fig. 28. Siembra de semillas en bancales.

Cuando se usan semillas pequeñas, éstas se colocan en la superficie y se cubren con materiales de textura rugosa como arena fina o perlita para evitar su movimiento y exposición. Cuando la germinación de la semilla no es del 100%, se siembran dos o tres semillas por contenedor. Esto puede incrementar los costos en mano de obra, ya que si todas las semillas germinan es necesario dejar una por envase para su desarrollo posterior. Mediante esta preselección se asegura el número de plantas necesarias (Padilla, 1983).

La siembra en semilleros o almácigos es muy común en viveros rústicos y existe una gran variedad de ellos. Comúnmente se utilizan cajas de madera recubiertas con plástico negro, bandejas, recipientes reciclados y charolas desinfectadas. Estos semilleros no deben exceder un 1 m de anchura, una longitud de 1.5 m y una profundidad de 5-7 cm. Una vez seleccionado el tipo de semillero, el sustrato se esteriliza para prevenir la aparición de hongos y se llena el contenedor de manera homogénea (Napier, 1985). Éste no debe llenarse en exceso para dar cabida a las semillas y a su recubrimiento. Posteriormente, se colocan las semillas de manera uniforme y a una distancia de 3 a 6 veces la dimensión de la semilla (Uncader, 2001). La profundidad de la siembra es un factor importante, ya que una siembra muy profunda retarda la salida de la plántula y una siembra superficial implica la salida de la raíz y su secamiento (Arriaga *et al.*, 1994; Napier, 1985).

Inicialmente, es conveniente el uso de germinadores individuales (vasos de plástico o unicel) para sacar la plántula, no lastimar la raíz y trasplantarla con mayor facilidad. Si se quieren germinar grandes cantidades de semillas, es mejor utilizar charolas de plástico o poliestireno para la germinación. Estas charolas cuentan con 240, 120, 60 o 30 cavidades y algunas incluyen tapas para conservar la humedad y el calor de la semilla, lo que acelera la germinación y evita la contaminación del material (Padilla, 1983). El contenedor debe estar perforado en el fondo para drenar los excesos de agua o tener algunos agujeros a los lados, para casos cuando los hoyos del fondo estén pegados a la superficie sobre la cual se hace la siembra o se tapen.

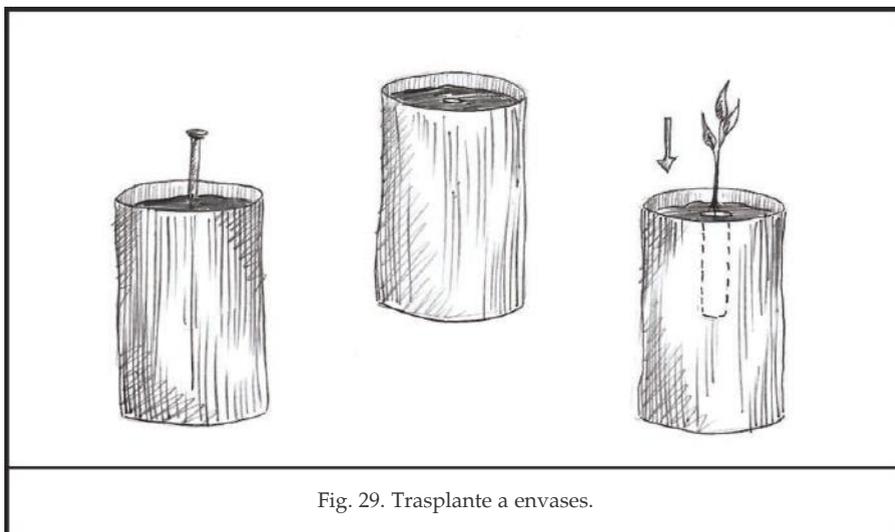
Una vez que las plantas han germinado y el contenedor no brinda suficiente espacio, se pueden cambiar a bolsas. Antes de sacar a las

plantas de su envase se deben tener bolsas preparadas con sustrato y con un hoyo bastante profundo y uniforme en el que se coloca la fracción radicular de la nueva planta. El sustrato se riega moderadamente, para terminar de llenarlo después de colocar la planta (Arriaga *et al.*, 1994). El riego se hace con un utensilio que controle el flujo y la presión del agua, como una botella de plástico con el tapón agujerado. El sembrado en las bolsas se realiza con delicadeza para no romper las raíces y “pellizcar” el tallo al tenerlo en la mano. De esta manera, no se daña la planta en el momento de su manipulación. Es recomendable quitar el exceso de tierra, que fácilmente se separa si el sustrato está seco. Cuando el sustrato es compacto y hay riesgo de romper a la planta, se usa agua para quitar la tierra con mucho cuidado (Arriaga *et al.*, 1994; Napier, 1985). Las plántulas se trasplantan una por una en los hoyos individuales, tomándolas con los dedos de una mano, en posición vertical por encima del hoyo, de manera que la raíz se coloque debajo de la superficie y hacer caer la tierra con un chorro de agua practicado con la “botella de riego” hasta llenar el agujero (Arriaga *et al.*, 1994). La planta debe sostenerse después del regado el tiempo suficiente para que el agua descienda a la tierra y permita que ésta se sostenga (fig. 29).

Las plantas en bolsas se colocan por unos días en camas de crecimiento previamente instaladas en el vivero, para evitar el sol directo y permitir la vigorización de las plántulas. En los días siguientes al trasplante éstas se rocían moderadamente todos los días por las tardes o muy temprano para no secarse y consolidar su sistema radicular, así como para absorber el agua del suelo (Arriaga *et al.*, 1994). Posteriormente, el riego se limita a cuidar la desecación del sustrato hasta comprobar la aparición de retoños (fig. 30).

Reproducción por estacas

La reproducción por estaca adelanta el desarrollo de la especie leñosa y trasmite sin cambios, los caracteres genotípicos y fenotípicos de los progenitores al nuevo individuo o clon. La estaca es la parte del árbol o arbusto que, separada de la planta madre, es susceptible de emitir



raíces y formar a un nuevo individuo (Arriaga *et al.*, 1994). La técnica de reproducción por estacas consiste en cortar ramas, pencas u otro tipo de segmentos de la planta en desarrollo y sembrarlas en el suelo o cualquier sustrato para provocar su enraizamiento. Las estacas se clasifican dependiendo de la parte de la planta que se obtuvieron de la siguiente manera (Hartman *et al.*, 1990):

1. *Cortes del brote de árboles*: madera dura, semidura, suave y herbáceos.
2. *Cortes de la hoja*: láminas de las hojas o los pecíolos.

3. *Cortes del brote de las hojas*: láminas de las hojas o pecíolos de las ramas secundarias.
4. *Cortes de raíces*: parte de la raíz obtenida en invierno.

La reproducción de un nuevo individuo también se induce cuando se cubren con suelo o tierra secciones del tallo o ramas de árbol para empezar a formar raíces (acodo aéreo) dando lugar a segmentos que se cortan y plantan (Arriaga *et al.*, 1994). Sin embargo, no todas las plantas enraizan espontáneamente o con la misma capacidad (Arriaga *et al.*, 1994). Por tal motivo, el proceso de enraizamiento de estacas es complejo y depende de muchos factores. No obstante, cuando se desarrolla una metodología básica la reproducción es bastante exitosa.

En el establecimiento de plantaciones comerciales con base en árboles propagados por estacas, resulta importante utilizar material fisiológicamente juvenil (meristemos cercanos al tronco), ya que hay una buena probabilidad de enraizamiento y de originar árboles uniformes y sanos. Cuando se utilizan estacas de ramas adultas el enraizamiento es poco probable. La capacidad para regenerar la estructura de la planta depende de que las células de la planta madre tengan la información genética necesaria para reconstruir todas las funciones y partes de ésta (Hartman *et al.*, 1990). Sin embargo, el éxito de la reproducción varía en función de la especie y las técnicas utilizadas, por lo cual deben probarse diferentes fuentes de material juvenil como: rebrotes de tocones, rebrotes basales de árboles en pie, rebrotes de plantas jóvenes y ápices de árboles podados. Todo este tipo de materiales origina estacas juveniles, suculentas y no lignificadas (Arriaga *et al.*, 1994). De manera general, a continuación, se especifican los elementos de control para la reproducción con estacas (Arriaga *et al.*, 1994):

Elección y manejo de la planta donante: se seleccionan árboles vigorosos libres de plagas y enfermedades. El tipo y edad de los brotes usados como fuente de estacas (yemas de tocones o ramas podadas) determina su capacidad de enraizamiento (fig. 31). La cosecha de brotes de una misma planta donante se repite cada 2 o 3 meses.

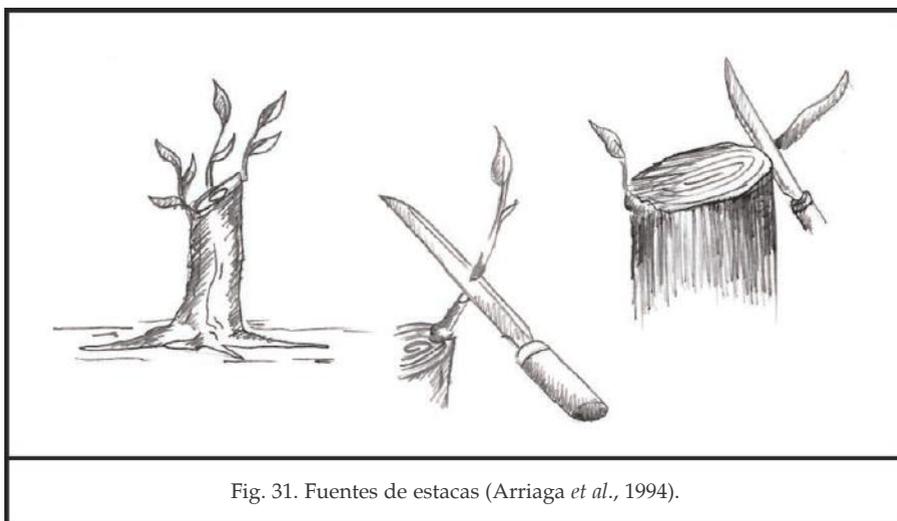


Fig. 31. Fuentes de estacas (Arriaga *et al.*, 1994).

Obtención de estacas: los brotes elegidos deben ser originados de tocones o de árboles podados por arriba de los 10 nudos y de crecimiento vertical. Se recomienda seleccionar brotes que se originen en condiciones de sombra. Antes de cortar el brote se cortan las hojas, la yema terminal y los brotes laterales que estén presentes. Los brotes cortados deben mantenerse húmedos y colocarse en una bolsa de plástico marcada con el número de la planta donante, para ser trasladada lo más rápido posible al área de enraizamiento del vivero; ésta debe ser fresca y sombreada, las temperaturas óptimas son de 20 °C a 25 °C. Cuando los brotes son sacados de la bolsa se deben mantener húmedos y frescos, exponiéndolos lo menos posible al viento. Para obtener las estacas de los brotes, se deben cortar con navaja o tijeras filosas. Cuando las estacas son de un solo nudo generalmente no es imprescindible incluir el nudo, sin embargo, para algunas especies la estaca acompañada del nudo mejora la capacidad de enraizar. En especies con entrenudos cortos y hojas pequeñas es mejor conseguir estacas con varios entrenudos para asegurar un enraizamiento bueno y rápido. La longitud óptima de las estacas es usualmente entre 3 y 10 cm.

Aplicación de auxinas: las auxinas son hormonas reguladoras del crecimiento vegetal que ayudan al enraizamiento de las estacas. Las auxinas son naturales como el ácido indolacético (AIA) o sintéticas como el ácido indolbutírico (AIB) y el ácido naftalenacético (ANA). Éstas se aplican en soluciones acuosas a bajas concentraciones o untando una solución de auxina con vaselina en la zona de enraizamiento de la estaca (Arriaga *et al.*, 1994). Cuando las auxinas están preparadas y las estacas listas, se procede de la siguiente manera:

1. Las bases de las estacas se introducen en la solución de auxina y se retiran inmediatamente.
2. Las bases de las estacas se ponen al aire frío mediante un ventilador común o agitándolas por unos minutos pero cuidando de que las hojas no se espongan mucho para reducir la transpiración.
3. Las estacas se colocan en el propagador, que es una construcción con una función similar a la del almácigo (fig. 32). La función del propagador es propiciar las condiciones ambientales adecuadas

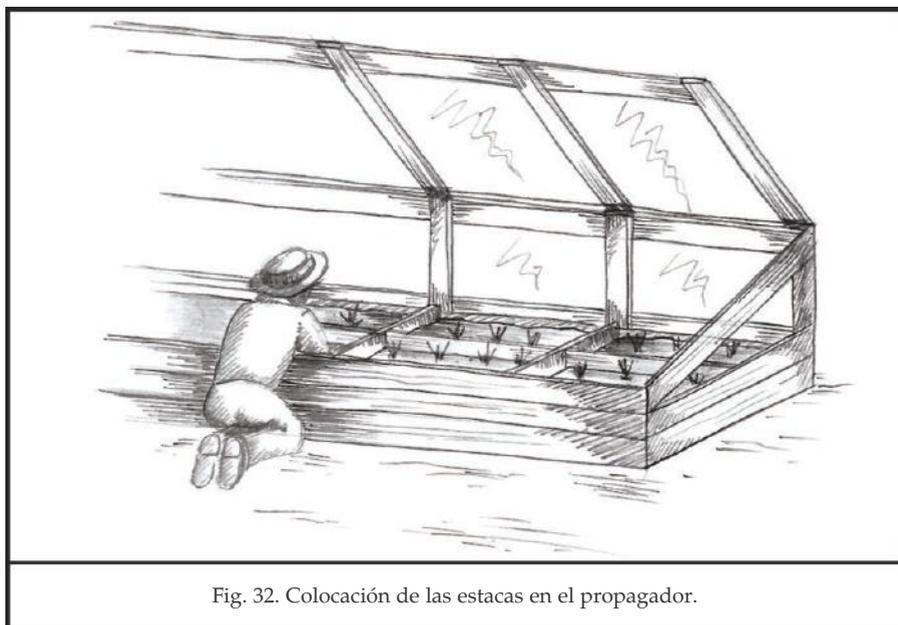
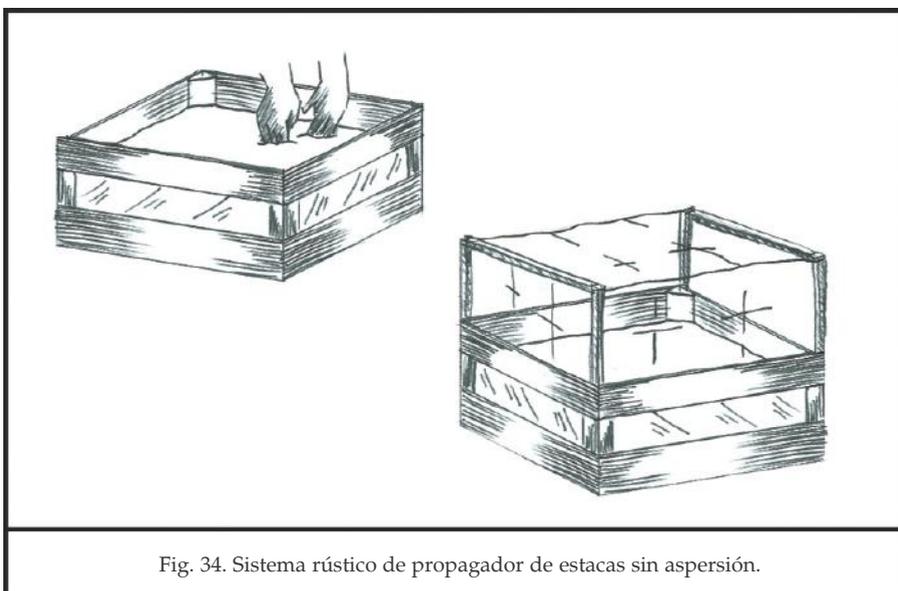
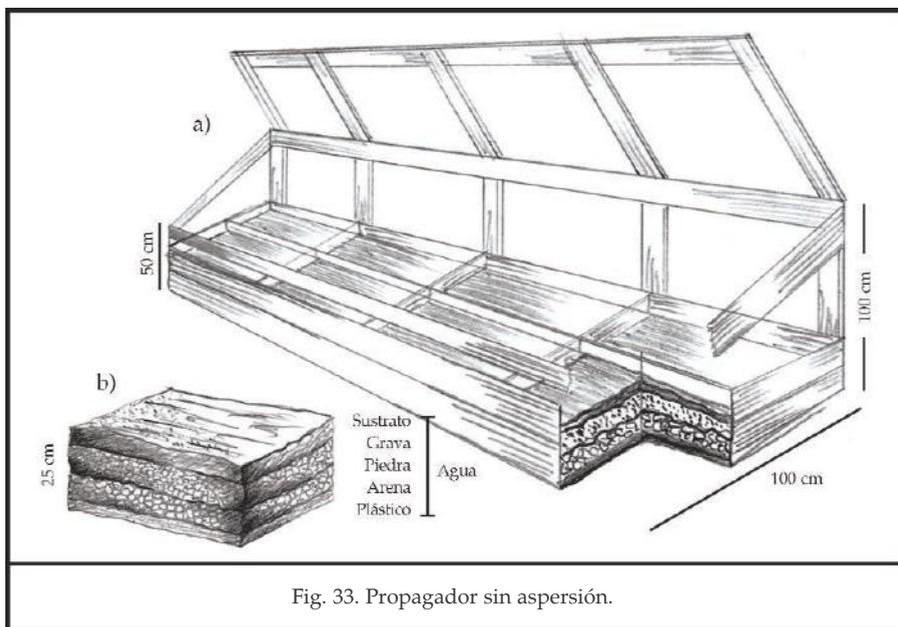


Fig. 32. Colocación de las estacas en el propagador.

para el enraizamiento de las estacas. Existen diferentes tipos de propagadores que responden a las necesidades del productor.

Para la propagación por estacas existen cuatro formas diferentes, sus características son las siguientes:

1. *Sistema de aspersión*: este método se utiliza para evitar o reducir la pérdida de agua y desecación (estrés hídrico) en regiones templadas. Usualmente, consiste en la aspersión intermitente de las estacas con gotitas muy finas de agua y controladas por interruptores fotosensibles o de tiempo que detectan luz, temperatura y humedad. El control de la humedad puede ser muy costoso, ya que implica electricidad, agua entubada y mantenimiento.
2. *Sistema sin aspersión*: es un sistema relativamente simple y de baja tecnología. No requiere del suministro de agua entubada o electricidad. Básicamente consiste en una caja con tapa rodeada de plástico transparente para retener el agua. Los marcos de la caja se forran con plástico y pueden ser de madera, aluminio o concreto. En la base del propagador se coloca un plástico y posteriormente una capa de arena fina de 3 cm, una capa de piedra de 6 cm y una capa de sustrato de 10 cm para el enraizamiento de las estacas (fig. 33). Posteriormente, estas capas se saturan con agua para evitar el estrés hídrico y se siembran las estacas. El propagador controlará la humedad siempre y cuando esté cerrado, ya que al abrirlo se pierde rápidamente ésta. Las pérdidas se controlan mediante aspersiones manuales periódicas y con sombra adicional (Arriaga *et al.*, 1994).
3. *Método rústico*: es una opción más económica que la del propagador y consiste en la utilización de pequeños cajones de madera o de algún otro material. En éstos se colocan y enraizan las estacas, asegurándose de tener un suelo vegetal rico en humus y un control de las condiciones de humedad mediante cubiertas de plástico incoloro (fig. 34) (Arriaga *et al.*, 1994). Este método también requiere de la aplicación de auxinas a la base de las estacas y de evitar las pérdidas de humedad.



4. *Enraizado por trincheras*: este método consiste en enterrar a las estacas en el suelo durante la época fría del año para la formación natural de raicillas. Esta técnica es de menor costo y funciona mejor para especies de madera que enraizan sin grandes requerimientos. La técnica contempla los siguientes aspectos (Arriaga *et al.*, 1994):
- a) Obtener estacas a finales de otoño o invierno, durante la estación de reposo vegetativo.
 - b) Elegir ramas que tengan de 2 a 4 nudos y de 15 a 75 cm de largo. Las mejores estacas se obtienen sobre las partes centrales y las bases de los árboles.
 - c) Realizar el corte basal justo abajo de un nudo y el corte superior de 1 a 3 mm arriba del otro nudo.
 - d) Llevar a las estacas a la fosa de enraizamiento, construida a 30 cm de profundidad.
 - e) Colocar las estacas de manera horizontal o vertical según se desee. Si se ponen horizontalmente se procurará que las puntas queden hacia el mismo lado. Si se acomodan de modo vertical la parte basal quedará en la parte superior de la fosa, cuidando que estén a unos cuantos centímetros por abajo del nivel del suelo (fig. 35).
 - f) Cubrir a las estacas con arena o aserrín húmedos para asegurar buenas condiciones de humedad y temperatura. Sobre las estacas horizontales se pueden poner varias capas de material.
 - g) Sacar las estacas de la fosa al llegar la primavera y trasplantarlas al sitio definitivo en su posición correcta.

El medio de enraizamiento

Un buen medio de enraizamiento se logra con arena gruesa de 2 mm o grava fina. Este medio debe de estar limpio, húmedo y bien aireado. Se puede adicionar aserrín, turba o vermiculita para mejorar la aireación. El suelo de bosque y la arena muy fina generalmente no son apropiados como medios de enraizamiento (Arriaga *et al.*, 1994).

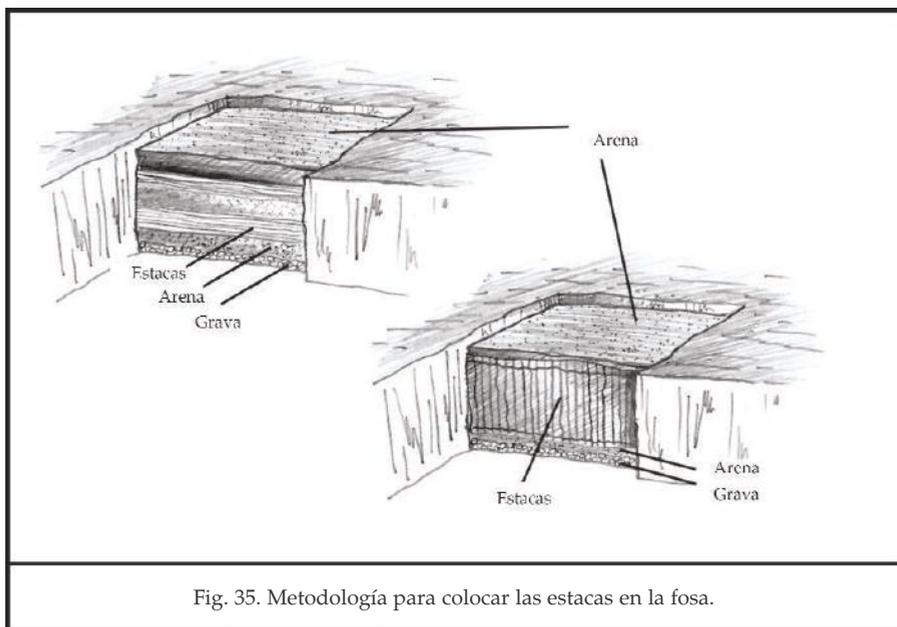


Fig. 35. Metodología para colocar las estacas en la fosa.

En caso de observar inicios de pudrición en las estacas, es necesario suministrar algún fungicida al medio de enraizamiento. Después de aplicar auxinas a las estacas, se plantan lo más rápido posible en el propagador, se colocan a una profundidad de 2 a 3 cm. Para asegurar que éstas queden firmes se compacta un poco el sustrato. Si se utiliza algún sistema de calentamiento para el sustrato las estacas se plantarán a 30 °C. Al igual que las semillas, las estacas se etiquetan con el número de la planta madre para observar el crecimiento y determinar las mejores fuentes de germoplasma (Arriaga *et al.*, 1994) (fig. 36).

Trasplante y acondicionamiento de las estacas

El enraizamiento de las estacas inicia en la segunda semana y es óptimo después de 4 a 6 semanas. Las estacas que enraizan después de la sexta semana son débiles y no es conveniente su conservación. Una vez que el sistema radicular es de 3 raíces como mínimo y tienen

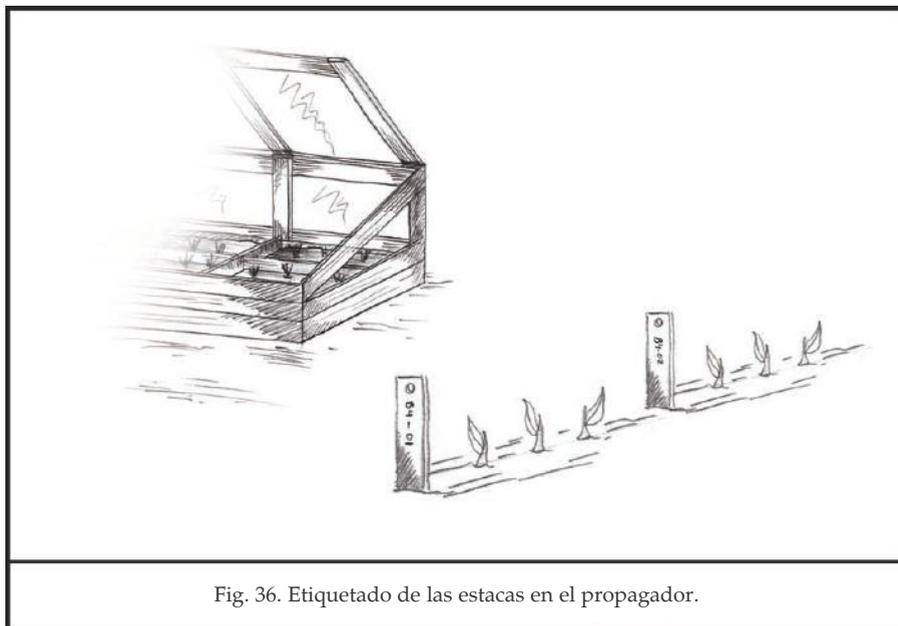
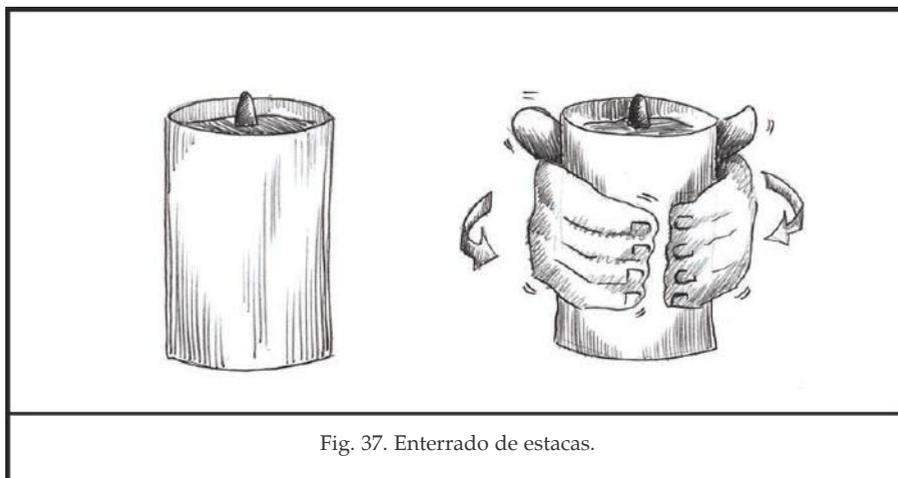


Fig. 36. Etiquetado de las estacas en el propagador.

de 1 a 2 cm de longitud, se trasplantan a envases de crecimiento con el sustrato a la mitad de su capacidad y buena aireación (Arriaga *et al.*, 1994). Idealmente, el medio de crecimiento debe contener suelo del sitio donde la especie crece naturalmente. Cuando la estaca se coloca en el envase, éste se termina de llenar para no dañar a las raíces. Las estacas se trasplantan con la yema al ras del suelo y la mayor parte de la misma dentro del envase para favorecer la firmeza y evitar que se vuelquen o muevan (fig. 37).

Las estacas recién enraizadas son susceptibles al estrés hídrico, por lo que es recomendable dejarlas en el propagador por unos días. Además, para evitar que el sustrato del propagador se contamine con los envases, se acomoda sobre un plástico (Arriaga *et al.*, 1994). Después de estar unos días en el propagador, las estacas se ponen en un ambiente sombreado y húmedo de 2 a 3 semanas. Posteriormente, deben exponerse paulatinamente a condiciones decrecientes de humedad y crecientes de luz y temperatura (Arriaga *et al.*, 1994). Durante el



tiempo que las estacas están en los envases, la planta tiene espacio para su desarrollo, se evita la competencia con otros individuos y el sistema radicular mejora. Una vez que la estaca crece se forma la raíz vertical y empiezan a brotar las hojas (Arriaga *et al.*, 1994). Por tanto, el trasplante debe efectuarse lo más rápido posible. De hecho, es conveniente realizar el trasplante prematuramente para garantizar el crecimiento, y colocar verticalmente a la joven raíz en la tierra, sin encorvarla y sin dañar las raicillas (Arriaga *et al.*, 1994).

Evaluación de las plantas y las estacas

La finalidad de la evaluación es determinar el rendimiento de las especies en el vivero y las condiciones adecuadas para el establecimiento de futuras plantaciones. Las variables a valorar en plántulas y estacas después del trasplante a envases son la sobrevivencia, la altura y el diámetro, éstas se miden el primer día del trasplante y posteriormente en periodos subsiguientes de uno o dos meses hasta llevar a cabo 6 evaluaciones (Plancarte, 1990). La sobrevivencia se estima contando el total de las plántulas o estacas muertas. La altura y el diámetro se miden en el 10% del total de las plantas del lote y las

plantas a medir se eligen al azar. La altura debe medirse de la base del tallo al ápice de crecimiento, utilizando de preferencia una regleta de madera o flexómetro con aproximaciones a milímetros (fig. 38a). El diámetro se mide en la base del tallo con vernier electrónico o uno de plástico (fig. 38b). Las valoraciones se realizan sobre las mismas plantas a las que se les midió la altura, para poder llevar un adecuado registro de las evaluaciones (Plancarte, 1990).



4. SISTEMAS AGROFORESTALES

Características e importancia de los sistemas agroforestales

La deforestación es uno de los problemas ambientales más graves del país, incide en la extinción de especies, la pérdida del hábitat, la recarga de acuíferos, la erosión de los suelos y en el cambio climático en general. Por ello, las políticas, estrategias y acciones de reforestación, rehabilitación del hábitat y de restauración ecológica son las prioridades que tienen el sector forestal y ambiental de nuestro país. En este capítulo se describen los principales sistemas agroforestales tropicales y se propone su utilización para la restauración ecológica productiva en agroecosistemas tropicales degradados. Esto es, además de restaurar hábitats, permiten la producción de bienes para la satisfacción de las necesidades humanas y mejorar los ingresos familiares de comunidades rurales. Las tendencias de la agricultura, la ganadería y la silvicultura “modernas” han provocado una simplificación y sobreespecialización, llegando al extremo de la dominancia en el paisaje de los monocultivos extensivos actuales. Esto ha producido una serie de cuestionamientos sobre cómo manejar un paisaje, ya que en muchos casos un manejo inadecuado puede producir antagonismos entre agricultores y ganaderos, debido a que pueden existir daños considerables a los cultivos si no se protegen del acceso de las especies vacunas. Aunque se reconoce la existencia de técnicas ancestrales y “actuales” de uso y manejo diversificado de los suelos, donde

se combinan producción forestal con cultivos agrícolas y/o producción animal llamados sistemas agroforestales (Nair, 1985), aún se mantienen grandes extensiones de áreas cultivadas con las técnicas “modernas”, las cuales han demostrado ser inadecuadas para satisfacer las múltiples necesidades de las poblaciones rurales.

Los sistemas agroforestales permiten un uso y manejo diversificado de los recursos bioculturales, que implican cambios estructurales y funcionales en agroecosistemas y ecosistemas naturales degradados. Además de satisfacer las necesidades de alimentos, materiales de construcción, leña, etc., de los pequeños y medianos productores que los manejan, les permiten producir cultivos comerciales que pueden colocar en los mercados locales y regionales (Musalem, 1994). Un beneficio adicional es el papel que tienen en la restauración ecológica y en el mantenimiento de los servicios ambientales debido a que presentan una estructura y función similar a la de los ecosistemas naturales (Brunig y Sander, 1983). Los mecanismos de manejo integral de los recursos naturales requieren del diseño, establecimiento y monitoreo de parcelas agroforestales productivas, demostrativas y experimentales, con fines no sólo productivos sino también con objetivos de restauración ecológica.

Los sistemas tradicionales de manejo de los recursos naturales se han propuesto como modelos de sustentabilidad y resiliencia (Del Amo *et al.*, 2008), estos incluyen sistemas agroforestales basados en el conocimiento empírico que incluyen prácticas agroforestales usadas desde tiempos precolombinos (Budowski, 1994), pues simulan las características básicas de los ecosistemas naturales en cuanto a biodiversidad, estructuras complejas y dinámicas sucesionales (Oldeman, 1983). Entre los más conocidos en México tenemos a los usados por los mayas, los totonacos, los huastecos y los lacandones. Éstos han sido considerados además como modelos de restauración ecológica (Ramos *et al.*, 2004). En este contexto se menciona también el “enriquecimiento” de la vegetación secundaria o acahuales, con especies de usos múltiples que ofrecen una serie de ventajas tales como el mantenimiento de la fertilidad del suelo, el almacenamiento de nutrientes en las especies de vegetación secundaria y la acumulación

de biomasa útil, sin incurrir en los gastos iniciales de establecimiento de plantaciones en zonas desmontadas (Del Amo y Ramos, 2001).

Agroforestería

La agroforestería o agrosilvicultura es el nombre genérico que se usa para designar sistemas de uso del suelo, donde se asocian las leñosas perennes (árboles, arbustos, bambúes) con cultivos agrícolas y/o animales (fig. 39) (CATIE, 1986). Se considera como una serie de técnicas que combinan la silvicultura con la ganadería y/o la agricultura para aumentar y mantener la productividad de los suelos. Éstos pueden tener diferentes arreglos espaciales y temporales (rotación-sucesión), entre los componentes se establecen interacciones ecológicas y económicas importantes que conservan simultáneamente suelos, agua, nutrientes y biodiversidad (Huxley, 1983). No se trata de una simple combinación caprichosa de árboles, cultivos y animales, sino de “ensambles” orquestados en la toma inteligente e informada de decisiones con base en la evaluación de muchas variables, es decir, es un trabajo multi e interdisciplinario (Krishnamurty y Uribe, 2002).

Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales y constituyen una alternativa importante para solucionar los problemas del trópico. Su éxito depende de diversas acciones y esfuerzos, donde la investigación, la participación social y la transferencia tecnológica permitan implementar dichas alternativas. Por tal motivo, deben intensificarse las relaciones entre el sector gubernamental, los centros de investigación, las organizaciones civiles y las comunidades rurales. Resulta indispensable desarrollar una estrategia conjunta, que permita poner en marcha la agroforestería como alternativa positiva para disminuir la crisis del sector agropecuario nacional (Gutiérrez *et al.*, 1999). Si bien son varias las definiciones de agroforestería o de sistemas agroforestales, todas ellas comprenden el manejo integrado de todos los recursos existentes en una unidad de terreno. Como consecuencia se puede mejorar el nivel de vida de la población rural, si se involucra a los productores o cam-

pesinos en la identificación de problemas, objetivos, y en el diseño y ejecución de actividades (CATIE, 1986; Nair, 1985; López, 2004).

Los policultivos en general y los sistemas agroforestales en particular, no se crean al azar o derivados únicamente de la investigación ecológica. Se basan en el entendimiento profundo y antiguo de las interacciones entre la vegetación natural y los sistemas agrícolas, que los grupos étnicos de las latitudes tropicales han desarrollado por milenios. Por ello, los sistemas agroforestales están guiados por complejos sistemas etnoecológicos de producción (Altieri, 1999; Ramos *et al.*, 2004). Esto permite a los campesinos asignar a cada paisaje una práctica de producción determinada, obteniendo así una diversidad de productos.

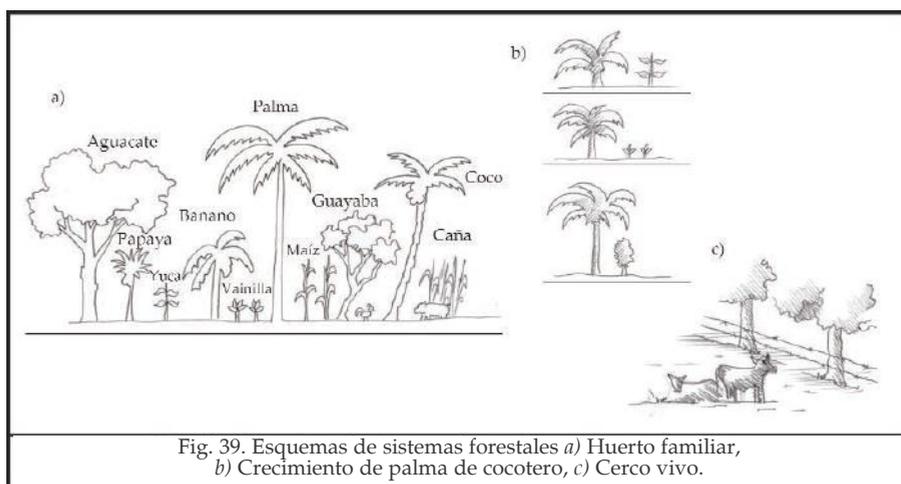


Fig. 39. Esquemas de sistemas forestales a) Huerto familiar, b) Crecimiento de palma de cocotero, c) Cerco vivo.

Ventajas y servicios del componente arbóreo

Los árboles tienden a mejorar la productividad de un agroecosistema al influir sobre las características del suelo, del microclima, de los ciclos del agua y de los nutrientes, así como de los componentes biológicos: bacterias, protoctistas, hongos, plantas y animales asociados (cuadro 22) (CATIE, 1986). Debido a la profundidad y extensión de

**Cuadro 22. Beneficios del componente arbóreo en sistemas agroforestales
(CATIE, 1986)**

- Características del suelo.* La hojarasca aumenta el contenido de humus del suelo y ayuda a disminuir la pérdida de nutrientes.
La materia orgánica adicionada modera además las reacciones extremas del suelo (pH) y la consecuente disponibilidad de nutrientes esenciales.
Ayuda al aprovechamiento de nitrógeno, fósforo y azufre.
La actividad de los microorganismos tiende a aumentar abajo de los árboles, debido a que la materia orgánica se incrementa y se regula la temperatura y la humedad del suelo.
- Microclima* Los árboles moderan los cambios de temperatura, dando como resultado temperaturas máximas más bajas y mínimas más altas bajo los árboles, en comparación con las áreas abiertas.
La disminución de la temperatura y la reducción de los movimientos del aire debido al dosel de los árboles reducen el promedio de evaporación.
También se encuentra mayor humedad relativa bajo los árboles en comparación con los sitios abiertos.
- Hidrología* En distintos grados, dependiendo de la densidad del follaje y de las características de las hojas, la precipitación pasa a través de ellas hasta el suelo, se intercepta y se evapora o se redistribuye hasta la base por el flujo a través del tronco.
La humedad del aire también puede ser recogida por el follaje de los árboles y depositada como precipitación interna (goteo de niebla), lo que significa una fuente potencial de agua importante en áreas de neblinas húmedas.
El agua que llega al suelo se utiliza más eficientemente debido al incremento de la filtración y permeabilidad, reduciendo la evaporación y el escurrimiento superficial.
En áreas propensas a las inundaciones, los árboles reducen las descargas de aguas subterráneas.
- Componentes biológicos asociados.* Todas las plantas, los insectos y los organismos del suelo resultan beneficiados por la presencia de árboles compatibles.
Los microorganismos también producen sustancias que promueven el crecimiento mediante interacciones deseables provocando efectos comensalísticos en el crecimiento de varias especies de plantas.
- Función productiva.* Los árboles producen gran cantidad de productos importantes para humanos y los animales. Además del forraje y alimentos, proporcionan leña, madera, látex, aceites, taninos y productos medicinales.
Por ejemplo, el cocuite (*Gliricidia sepium*) es melífera, fija nitrógeno y es productora de postes para cercos vivos. El guaje (*Leucaena leucocephala*), otra leguminosa que fija nitrógeno, es valiosa como alimento de ganado y de aves en los trópicos debido a su alto contenido de proteínas.

sus raíces, los árboles mejoran las propiedades físicas del suelo en todo su perfil, además como resultado del sombreado y la caída de las hojas, se incrementa la materia orgánica, la humedad y se regula la temperatura; lo anterior promueve la actividad de los microorganismos simbióticos. Asimismo, los árboles se benefician de un suelo rico en nutrientes con una mejor estructura, cantidad de hojas, ramas, etc. La función que desempeñan los árboles en la protección del suelo es bien reconocida. Además de reducir la velocidad del viento, el follaje de los árboles disminuye el impacto de las gotas de lluvia que golpean la superficie del suelo. La capa de hojarasca que lo cubre también ayuda a reducir la erosión de la superficie. El sistema de raíces de los árboles realiza una función importante en la estabilización del suelo, especialmente en laderas escarpadas. La inclusión de especies perennes leñosas, compatibles con los cultivos asociados en parcelas agrícolas dan como resultado un mejoramiento acentuado sobre la fertilidad del suelo. Por lo que se aumenta la cantidad de materia orgánica y mejora el ciclo de nutrientes, logrando que éstos se retengan y aprovechen mejor. Las especies que componen el sistema interactúan de manera complementaria, lo cual permite que los nutrientes se repartan de manera más eficiente (CATIE, 1986). Las desventajas de este tipo de sistema representan una mayor competencia, la cosecha del componente forestal puede dañar a otros componentes, la mecanización se dificulta, el ambiente húmedo propicia la aparición de hongos patógenos y otros padecimientos (López, 2004).

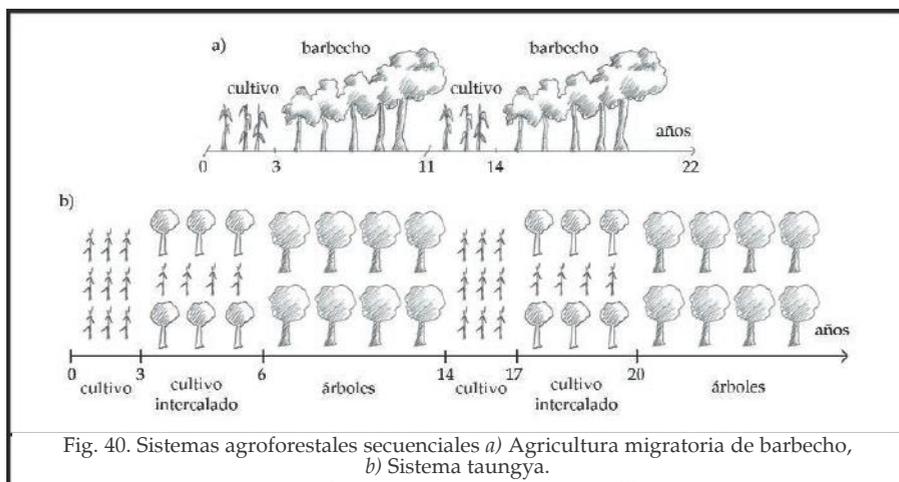
Los sistemas agroforestales se clasifican según su estructura y función, por sus patrones en el espacio y el tiempo, por la importancia relativa de diferentes componentes en relación con la producción primaria o secundaria, por el tipo de manejo de cada componente y por las características sociales y económicas (Huxley, 1983). Gutiérrez y colaboradores (1999) los agrupan en las siguientes categorías: 1) sistemas silvopastoriles, árboles asociados con ganadería; 2) sistemas agrosilvoculturales, árboles combinados con cultivos; 3) sistemas agropastoriles, se combinan cultivos con ganadería y 4) sistemas agrosilvopastoriles, árboles, cultivos y ganadería. A su vez estas cuatro categorías se pueden subdividir de acuerdo con los siguientes criterios:

1. Arreglo espacial (sistemas mixtos o sistemas en zonas-franjas).
2. Arreglo temporal, como sistemas secuenciales (rotacionales, sucesionales, barbecho, etc.), o coincidentes (interpolados, etcétera).
3. Función de los componentes principales (alimentos, cultivos comerciales, leña, forraje, cercas vivas, conservación de suelos, cortinas rompevientos, etcétera).
4. Zonas agroecológicas: tropical, templado; húmedo, seco; suelos, etcétera.
5. Aspectos socioeconómicos de los productores.

A continuación se describen algunos de los sistemas más comunes en Latinoamérica:

a) *Sistemas agroforestales secuenciales-sucesionales (agricultura de roza-tumba-quema)*: es el sistema de producción más extendido en las regiones tropicales. Existen muchas variables de estos sistemas, desde los métodos practicados por tribus nómadas hasta las prácticas más complejas de poblaciones rurales estables (Huxley, 1983; CATIE, 1986). En la agricultura de roza-tumba-quema, los cultivos anuales perduran sólo unos cuantos años, durante los cuales algunas especies perennes son plantadas y/o toleradas, convirtiéndose en un sistema agroforestal; posteriormente el sitio se “abandona” para que se desarrolle una selva “útil”, después de algunos años se repite el proceso (fig. 40).

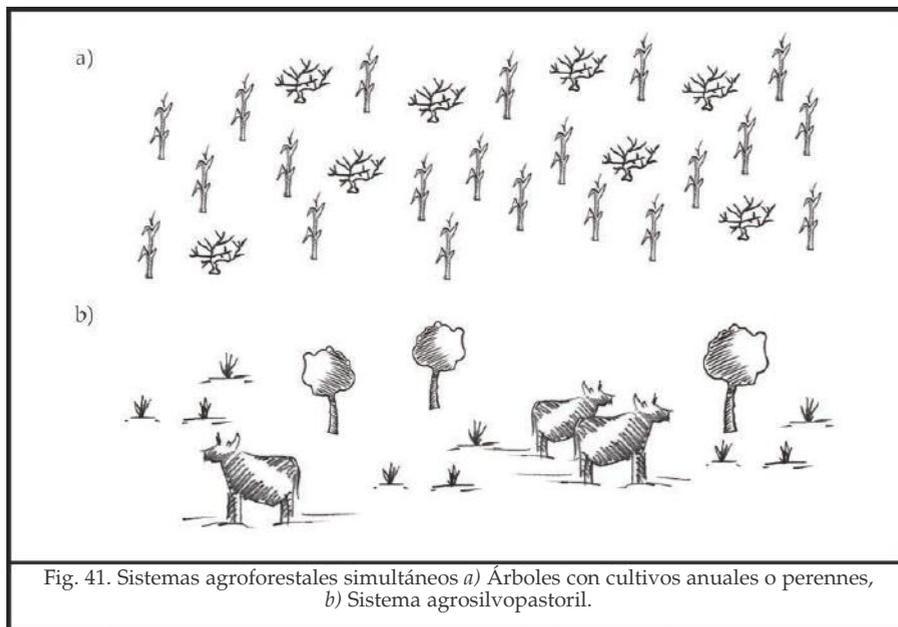
En este tipo de sistema, se encuentra el sistema *taungya*, donde árboles y cultivos crecen simultáneamente durante el periodo de establecimiento de la plantación forestal. En éste aunque la obtención de madera es la meta final, los ingresos a corto plazo pueden constituir una gran motivación para los agricultores. Sin embargo en muchos casos, los productores no cooperan en el cuidado de los árboles, ya que no existen beneficios directos a corto y mediano plazo, porque los árboles compiten con los cultivos por nutrientes. Por otra parte, los sistemas *taungya* son atractivos, pues además de reducir entre 40 y 60% los costos de establecimiento, el agricultor recibe ingresos monetarios. Por lo tanto, el éxito de estos sistemas



depende en gran medida de los incentivos que ofrece el gobierno por la participación de los agricultores.

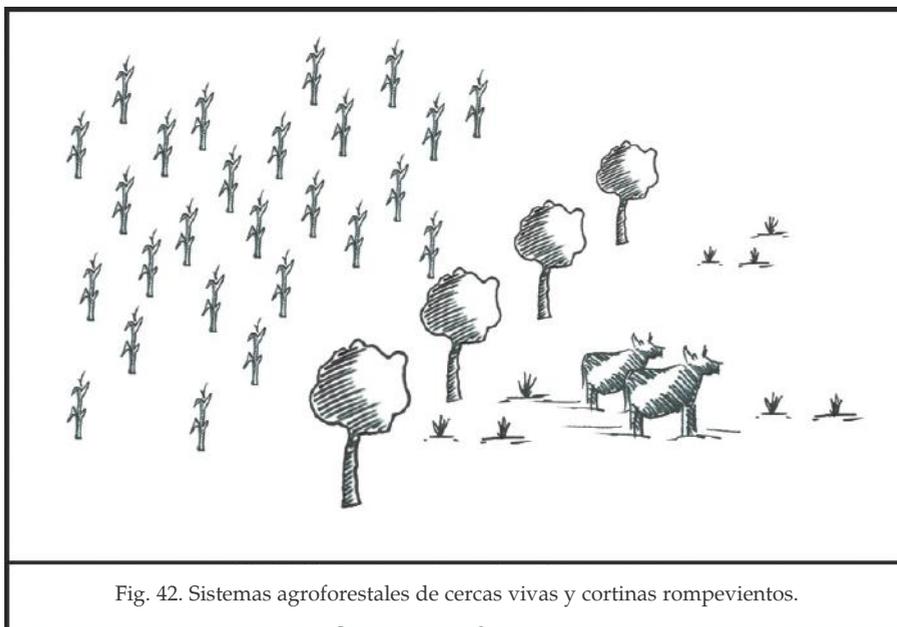
b) *Sistemas agroforestales simultáneos*: es la integración simultánea y continua de cultivos anuales o perennes, árboles maderables, frutales o de uso múltiple y/o ganadería. Estos sistemas incluyen asociaciones de árboles de cultivos anuales o perennes, huertos caseros mixtos y sistemas agrosilvopastoriles. Los ejemplos más comunes en Latinoamérica son los cafetales y cacaotales (Krishnamurty y Uribe, 2002). Otro caso común es el “cultivo de callejones”, el cual consiste en la asociación de árboles plantados en bandas o franjas, intercalados con cultivos anuales (CATIE, 1986) (fig. 41).

c) *Sistemas agroforestales de cercas vivas y cortinas rompevientos*: estos sistemas constan de hileras de árboles más o menos separados, que delimitan a una propiedad o bien tienen la función de protección para otros componentes agrícolas y/o ganaderos. Estos proveen de diversos productos de valor económico, tales como alimento, forraje, productos medicinales, leña y postes para cercas, sin embargo,



el establecimiento y manejo de éste utiliza mucha mano de obra permanente (CATIE, 1986) (figura 42).

- d) *Huertos caseros mixtos*: son sistemas agroforestales muy antiguos que se utilizan para satisfacer parte de las necesidades básicas de familias o comunidades pequeñas. Se caracterizan por su complejidad, presentando múltiples estratos con gran variedad de árboles, cultivos y a veces animales; tienen alta diversidad de especies, con producción todo el año y juegan un papel primordial pues suplen los alimentos básicos a escala familiar. Estos son los sistemas agroforestales clásicos en Mesoamérica (CATIE, 1986).
- e) *Sistemas silvopastoriles*: son asociaciones de árboles, maderables, para pulpa, leña, frutales y/o forrajeros, con animales y con o sin la presencia de cultivos. Se practican a diferentes niveles, desde las gran-



des plantaciones arbóreas comerciales con inclusión de ganado, hasta el pastoreo de animales como complemento de la agricultura de subsistencia (CATIE, 1986). En los sistemas silvopastoriles se conjunta la producción animal con plantaciones forestales, donde es posible obtener mayores beneficios que con los sistemas separados, volviendo más rentable los sistemas agroforestales que los monocultivos.

La característica principal de todos los sistemas agroforestales radica en su capacidad de optimizar la producción por unidad predial, a través de un manejo diversificado e integral. Aquí, los árboles cumplen con dos papeles fundamentales, el productivo y el ecológico. Proporcionan productos tales como madera, alimento, forraje, leña, postes, materia orgánica, medicina, cosméticos, aceites y resinas, entre otras. Por otra parte, los árboles son proveedores importantes de la conservación de suelos, aumentan la fertilidad de éstos, mejoran el microclima, sirven

de cercos vivos para los cultivos y los árboles frutales, demarcan límites, capturan carbono, estabilizan cuencas, protegen la biodiversidad, propician la recuperación de tierras degradadas y controlan malezas (Budowski, 1994). En este sentido, Farrell y Altieri (1999) mencionan cuatro propiedades de la agroforestería que no tienen los sistemas agrícolas, pecuarios y forestales por sí solos (cuadro 23).

Cuadro 23. Propiedades de los sistemas agroforestales (Farrell y Altieri, 1999)

Estructura compleja. Al combinar árboles, cultivos y animales, se desarrollan estructuras horizontales y verticales complejas y diversas que optimizan la intercepción de la luz solar, la absorción de CO₂ y la lluvia.

Sustentabilidad. Al utilizar los ecosistemas naturales como modelos y al aplicar sus características ecológicas al sistema productivo, se espera que el suelo y los ciclos biogeoquímicos se estabilicen, manteniendo la productividad a largo plazo.

Incremento en la productividad. Mejora las relaciones complementarias entre los componentes del sistema, aumentando las condiciones de crecimiento y desarrollo mediante el uso eficaz del espacio, el suelo, el agua, la luz y los nutrientes, optimizando la producción en comparación con los sistemas convencionales de uso de la tierra.

Adaptabilidad cultural-socioeconómica. Debido a que los sistemas agroforestales se derivan de los sistemas tradicionales de uso del suelo, su potencial es particularmente reconocido por los pequeños agricultores en áreas marginales y pobres de las zonas tropicales y subtropicales. Además, se adaptan particularmente a las realidades socioeconómicas de los pequeños agricultores.

Beneficios económicos, sociales, culturales y ambientales de los sistemas agroforestales

Los sistemas agroforestales persiguen fines adicionales al simple hecho de hacer más eficiente el uso de la tierra. Incluyen en sí mismos la mejora de la calidad de vida de los productores o campesinos y proporcionan fuentes de empleo que contribuyen al desarrollo local y

regional. Se reconoce la capacidad de estos sistemas para generar beneficios ambientales, ya que conservan o restauran la biodiversidad, permiten la captura y retención de CO₂ y H₂O, y propician la recuperación de suelos y hábitats degradados. Esto se logra cuando se diseñan y manejan en función de una problemática real que responda a las necesidades y los requerimientos locales y regionales, tanto actuales como futuros.

Las regiones tropicales presentan graves problemas derivados de la explotación de recursos naturales y culturales; la deforestación y las actividades agropecuarias han provocado pérdidas de flora y fauna, erosión de suelos, contaminación de acuíferos, aculturación y migración de campesinos con los consecuentes problemas de marginación social. Estos inconvenientes del mundo "actual" se pueden disminuir y revertir mediante el diseño y el establecimiento de sistemas agroforestales dirigidos a solucionar problemas particulares.

El Centro Agronómico Trópicos de Investigación y Enseñanza (CATIE) nos da algunos ejemplos como alternativas, de las posibilidades derivadas de los sistemas agroforestales, ante diferentes problemas que frecuentemente se presentan (cuadro 24).

Sistemas de uso del suelo tradicional totonaco

De los sistemas tradicionales de uso del suelo, el de los totonacos del norte del estado de Veracruz es uno de los que mejor refleja el conocimiento de los diferentes tipos de vida de las plantas, la estructura de la vegetación, la fauna asociada y los procesos sucesionales. Los totonacos reconocen el paisaje, el relieve o la pendiente, los tipos de suelo, las fuentes de agua permanentes o estacionales, y prácticamente todas las especies arbóreas, arbustivas y herbáceas, así como los animales silvestres. Con respecto al uso del suelo los totonacos clasifican sus recursos naturales de la siguiente manera (Ortiz-Espejel, 1995; Medellín, 2000):

Cuadro 24. Sistemas agroforestales alternativos ante problemas frecuentes en los sistemas de producción rural (CATIE, 1986)

<i>Alimentación humana.</i>	Huertos familiares, franjas de frutales en cultivos o potreros, callejones en milpas y otros cultivos.
<i>Erosión y estabilización de pendientes y riberas.</i>	Callejones en milpas, curvas de nivel y terrazas leñosas, "bosquetes" ribereños.
<i>Viento</i>	Cortinas rompevientos, cercas vivas, callejones y "bosquetes".
<i>Alimentación para los animales.</i>	Bancos forrajeros en cercas vivas, callejones, "bosquetes" y plantaciones mixtas.
<i>Falta de sombra para cultivos o animales.</i>	Franjas de árboles en potrero o parcelas. Árboles individuales o "bosquetes" en potreros o parcelas.
<i>Delimitación de la propiedad</i>	Cercas vivas, cortinas rompevientos, callejones perimetrales.
<i>Escasez de leña.</i>	Plantaciones mixtas, cercas vivas, bancos de forraje-leña-sombra en potreros, callejones en milpas y árboles de sombra en huertos familiares, cafetales, cacaoales y vainillales.
<i>Escasez de madera.</i>	Plantaciones mixtas, sistemas <i>taungya</i> , enriquecimiento de acahuals, manejo silvícola de bosques secundarios, "bosquetes" en potreros, cercas vivas, cortinas rompevientos, etcétera.
<i>Potreros degradados.</i>	Árboles que fijan nitrógeno en los potreros. Plantar árboles que se poden drásticamente para aportar materia orgánica y provocar canales con las raíces que faciliten aireación e infiltración.
<i>Estabilización de la agricultura migratoria.</i>	Callejones y diversificación con árboles y arbustos que produzcan material para composta (leguminosas).

1. *Milpa-Takuxtu*: es la base del sistema alimentario en Mesoamérica y el punto de inicio del sistema de roza, tumba y quema. Se siembra maíz en combinación con otros cultivos como frijol, calabaza, jitomate, chile, yuca, quelites, etc. Se usa principalmente para el autoconsumo y una pequeña parte se destina al mercado. El padre de familia es quien trabaja la milpa, y para la siembra y la cosecha se apoya en el sistema de "mano-vuelta". La milpa proporciona 72 productos vegetales y 21 animales.
2. *Monte alto-Kalenjkakiwin*: corresponde a la selva primaria (por lo menos de 50 años de edad) y forma parte de las reservas forestales comunitarias. Su uso se restringe a la extracción de maderas finas, forrajes, bejuco para la construcción, frutos comestibles, plantas medicinales, hojas de palmilla y a la caza. Debido a la

presión demográfica y a las políticas de desarrollo agropecuario, el área con selvas es cada vez más reducida.

3. *Montes bajos o acahuales-Kakiwin*: éstos se desarrollan después de que un área de milpa es “abandonada” y la sucesión ecológica inicia el proceso de recuperación, se subdividen en varias categorías dependiendo de la edad y el uso:
 - a) *Kamajkatman*: monte entre 15 y 30 años de edad. Es una zona donde se recolectan: madera, leña, frutos, forraje y se caza fauna silvestre. Son áreas susceptibles para la roza-tumba-quema y siembra de milpa.
 - b) *Kaxátnatni*: montes donde puede haber vainillales, cacaotales y cafetales.
 - c) *Makjatamán*: acahual joven de 2 a 10 años de edad, los más avanzados se usan para establecer cultivos de vainilla, cacao y café.
 - d) *Potreros-Sakat*: son lugares abiertos usados para la ganadería. Generalmente tienen algunos árboles para sombra y para producir forraje.
 - e) *Solar-Kiljtí*: es el espacio que rodea a las casas y es fuente de abastecimiento a través de todo el año de fruta, madera, leña, miel, verduras, especias y plantas medicinales. Algunas de las plantas que se cultivan son: cítricos, plátanos, café, cacao, vainilla, hierbabuena, albahaca, cebollín, tomate, chile, entre otras. Es común encontrar un área de producción de miel y cera con abejas nativas llamadas táxkat (*Scaptotrigona mexicana*).

A manera de guía se enlistan las principales especies vegetales usadas en las milpas, acahuales y montes del sistema productivo totónaco.

Milpa: especies arbóreas: chico zapote (*Manilkara achras*), pimienta gorda (*Pimenta dioica*), caoba (*Swietenia humilis*), jobo (*Spondias mombin*), lilaque (*Leucaena glauca*), ramoncillo (*Trophis racemosa*), ramón (*Brosimum alicastrum*) y tarro (*Bambusa paniculata*). Especies herbáceas: maíz (*Zea mays*), frijol de guía (*Phaseolus vulgaris*), frijol de árbol (*Cajanus cajan*), ajonjolí (*Sesamun indicum*), chilmole (*Capsicum frutescens*),

cilantro del país (*Coriandrum sativum*), tomatillo silvestre (*Lycopersicon esculentum*), calabazas (*Cucurbita pepo* y *Cucurbita ficifolia*), sandía (*Citrullus communis*), sacual (*Lagenaria siceraria*), camote (*Ipomoea batatas*) y anís (*Pimpinella anisum*).

Acahuales: palo mariposa (*Bauhinia divaricata*), capulincillo (*Eugenia capuli*), palo blanco (*Alchornea latifolia*), timbrillo blanco (*Acacia angustissima*), timbrillo rojo (*Calliandra houstoniana*), guácima o akáxti (*Guzuma ulmifolia*), alzaprima (*Carpodiptera ameliae*), chijol (*Piscidia communis*), laurel (*Nectandra sanguinea*), chico zapote (*Manilkara achras*), pimienta u okum (*Pimenta dioica*), chaca (*Bursera simaruba*), ceiba (*Ceiba pentandra*), puam o puyam (*Muntingia calabura*), aguacate (*Persea americana*), pimienta u okum (*Pimenta dioica*), vainilla (*Vanilla planifolia*), piper (*Piper* spp.) e izote (*Yucca aloifolia*).

Monte alto: ramón (*Brosimum alicastrum*), chico zapote (*Manilkara achras*), caoba (*Swietenia humilis*), pimienta u okum (*Pimenta dioica*), bejucos para amarre (*Melastoma populifolia*), chico zapote (*Manilkara achras*), zapote mamey (*Calocarpum mammosum*), pitahaya (*Hylocereus undatus*), zapote cabello (*Licania platypus*), zapote (*Pouteria campechiana*) y jobo (*Spondias mombin*).

Potrero: palma real (*Scheelea liebmanii*), zacate Privilegio (*Panicum maximum*), zacate estrella africana (*Cynodon plectostachyus*) y además otros de menor calidad tales como zacate grama (*Paspalum conjugatum*) y zacate cola de zorra (*Andropogon liebmanii* y *Schizochyrum condensatum*).

Diagnóstico y diseño de sistemas agroforestales

El diseño de sistemas agroforestales, desde una perspectiva de manejo integral de los recursos bioculturales, debe responder a los siguientes criterios (Ramos *et al.*, 1996): *a*) características ecológicas y el potencial productivo local-regional, *b*) necesidades y limitaciones de los pobladores y productores rurales, *c*) aspectos demográficos locales y regionales, *d*) los planes de ordenamiento y desarrollo a nivel municipal, estatal y nacional. Es por ello, muy importante realizar primero un diagnóstico

participativo que nos permita describir y analizar los aspectos ecológicos, económicos y sociales relevantes del área/predio y de la región, determinar los problemas de uso y manejo del suelo, y las soluciones y alternativas existentes. De esta manera, se identifican los sistemas de producción que hay en el área así como sus problemas más relevantes, las necesidades humanas locales, la tecnología disponible y los requerimientos de los mercados locales y regionales, todo ello, con la finalidad de que se cumplan los criterios de un buen diseño agroforestal: productividad, sustentabilidad y adaptabilidad.

Una vez determinada la factibilidad de un sistema agroforestal se realiza su diseño tomando en cuenta: *a)* condiciones de suelo favorables para el crecimiento de plantas, especialmente para manejar la materia orgánica y los organismos benéficos; *b)* optimizar y equilibrar la disponibilidad y flujo de nutrientes y agua; *c)* reducir pérdidas mediante un manejo integrado de plagas y enfermedades; y *d)* explotar la complementariedad y sinergismo mediante la correcta combinación de especies, para lograr un alto grado de diversidad funcional. El establecimiento y manejo de los sistemas de producción agroforestales debe realizarse en forma paulatina y modificando secuencialmente el sistema productivo original, es preferible modificar un sistema existente que llevar a cabo una innovación total, además las posibilidades de aceptación son mayores con técnicas ya probadas (Ramos *et al.*, 1996). Los principios ecológicos a seguir son los que determinan los cambios estructurales del sistema agroforestal para decidir sobre la composición de las especies y facilitar la dinámica de la sucesión ecológica. Esto sin perder de vista el mantenimiento y el incremento del nivel de productividad a mediano y largo plazo, así como los principios agroecológicos mencionados anteriormente.

La selección de especies que se van a utilizar en el sistema agroforestal, depende de las necesidades del agricultor, de la naturaleza del agroecosistema y de las condiciones ambientales y económicas locales (fig. 43). Por ejemplo, al plantar árboles en los linderos de un potrero o una milpa, éstos pueden funcionar como cercas vivas (fig. 44a). Cuando se necesita protección contra los vientos, se plantan árboles en franjas o camellones para crear cortinas rompevientos (fig. 44b).

En caso de requerir sombra, los árboles se distribuyen según las necesidades de los usuarios. Es posible también realizar un barbecho rotacional mejorado como es el caso de las unidades diversificadas sucesionales milpa, huerto y acahual enriquecido (Ramos *et al.*, 1996).

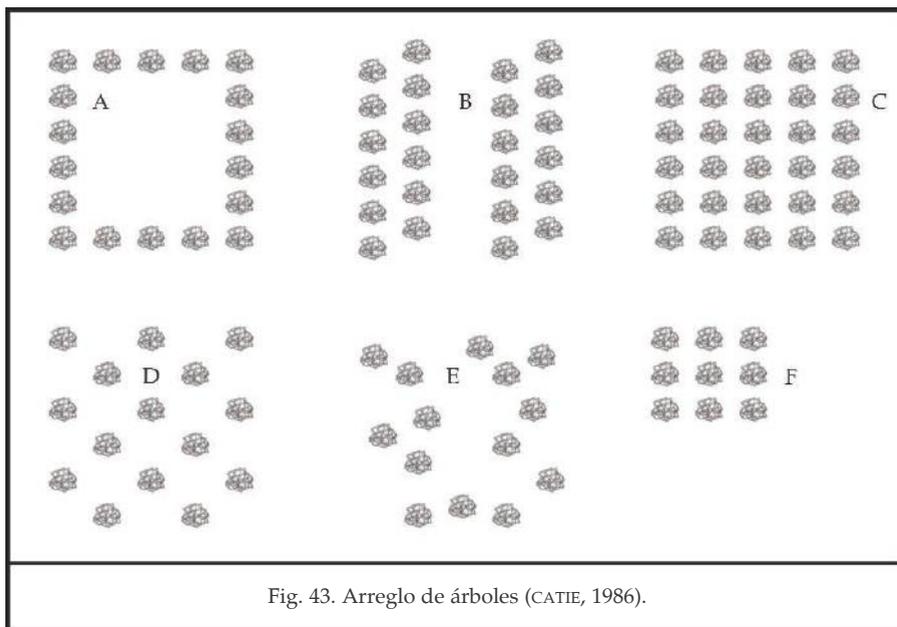


Fig. 43. Arreglo de árboles (CATIE, 1986).

Al establecer varias especies de plantas anuales y perennes en una parcela, deben considerarse los cambios estructurales del sistema en el tiempo y el espacio. Algunos factores tales como requerimientos culturales de las especies componentes al crecer juntas, su fenología y forma de crecimiento (sobre y bajo el suelo), determinan las formas de manejo para todo el sistema, algunos ejemplos de actividades culturales son las siguientes (Nair, 1985):

1. Introducir especies arbóreas en cultivos agrícolas anuales o potreros en forma simultánea o asincrónica (sucesionalmente), cuidando el espaciamiento para no exceder el sombreado en las especies herbáceas y arbustivas.

2. Abrir brechas en bosques secundarios, de un ancho y de intervalos convenientes, dependiendo de si se sembrarán especies demandadoras de luz como frutales o tolerantes a la sombra como el cacao y el café. Introducir prácticas de manejo como el aclareo, raleo y la poda a fin de lograr mayor penetración de la luz en la superficie del terreno y así poder sembrar especies agrícolas seleccionadas entre las hileras de árboles. El grado de raleo o poda depende de la densidad arbórea, de la estructura del dosel, entre otros.
3. Sembrar especies arbóreas seleccionadas en contorno sobre líneas perpendiculares a la pendiente en diferentes disposiciones de siembra (hileras únicas, dobles, alternadas) con diversas distancias entre las hileras. Los pastos fijadores del suelo se establecen entre los árboles a lo largo del contorno. El área entre las hileras se utiliza para las especies agrícolas.

La vegetación colindante con la parcela agroforestal influye considerablemente en el sistema y viceversa, pudiendo ser positiva o negativa. Por ello, los bordes de parcelas vecinas colindantes con las parcelas agroforestales deben aclarearse, ralearse y podarse, aproximadamente a una distancia igual a su altura, como puede apreciarse en las figuras 44a y b.

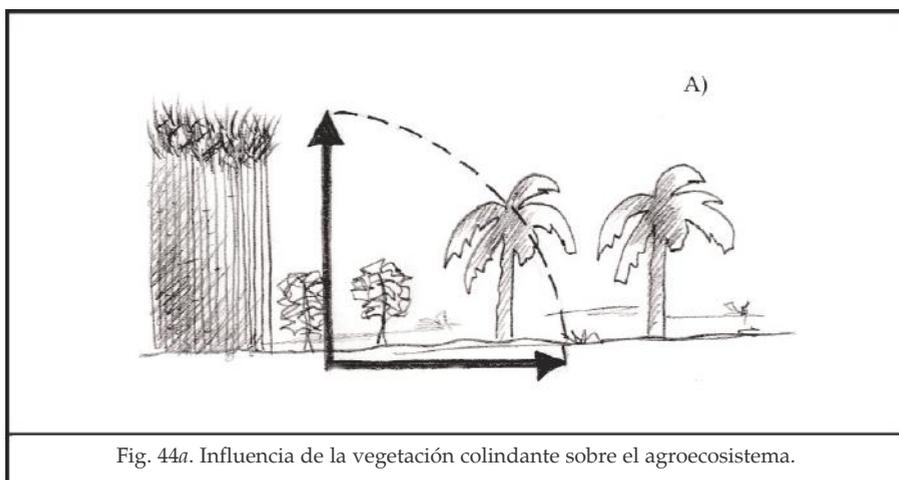
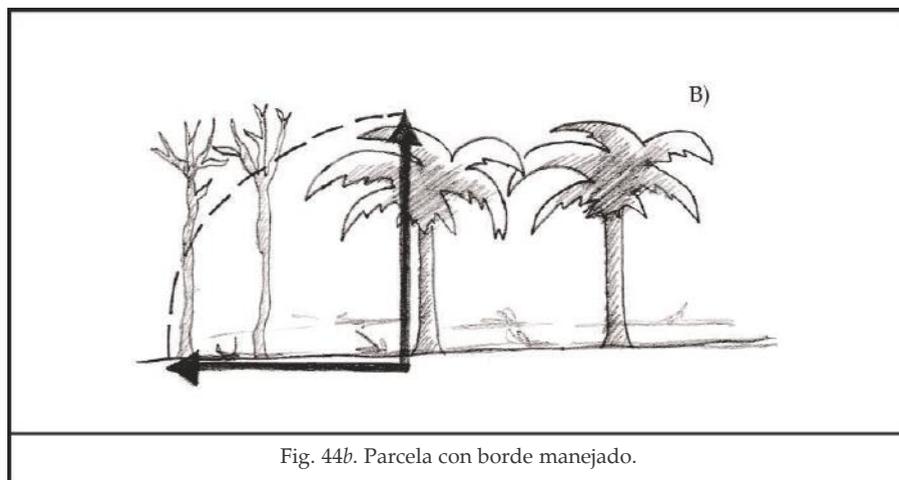


Fig. 44a. Influencia de la vegetación colindante sobre el agroecosistema.



Uso de bosques y selvas secundarias para establecer sistemas agroforestales

La vegetación secundaria es muy común en el trópico húmedo, surge principalmente del abandono de parcelas agrícolas y potreros; forma parte de los sistemas tradicionales de barbecho y actualmente está subutilizada, ya que puede manejarse y aprovecharse para fines maderables y no maderables. También puede utilizarse, después de un aprovechamiento forestal, para establecer sistemas agroforestales. La ventaja de usar este tipo de vegetación en el establecimiento de estos sistemas, radica en que ya existe el componente arbóreo y arbustivo, las condiciones de fertilidad del suelo y el régimen hídrico, que por lo general son mejores que en parcelas agrícolas y ganaderas, además tienen un aspecto importante en la conservación de la biodiversidad, ya que disminuye la presión de las pocas áreas de selva que aún quedan en el país, al incorporar áreas "ociosas" al sistema de producción (Del Amo y Ramos, 2001).

El acahual manejado ofrece la ventaja de mantener una gran variedad de especies vegetales propias y únicas, además de las ya sembradas o introducidas, de esta manera, se favorece también la fauna silvestre, que es una fuente adicional de proteína animal. Otra conse-

cuencia, respecto del mantenimiento de sistemas diversificados como éste, estriba en que se incorporan áreas cubiertas por vegetación secundaria, calificadas equivocadamente como improductivas u ociosas, a los procesos productivos locales. Como vimos anteriormente, los grupos étnicos indígenas combinan utilidad, cultura y conservación del medio en sus sistemas productivos. El ejemplo más conocido en las zonas tropicales de Mesoamérica es el de roza-tumba-quema, donde después de varios años de un cultivo agrícola múltiple se permite un periodo de descanso que restablece las etapas sucesionales de diferentes asociaciones de plantas conocida con el nombre de acahuales. En la figura 45 podemos identificar las unidades de manejo de los totonacos: la milpa (A), los huertos frutales (B), el solar (C), la selva (D) y los acahuales (E). En forma similar, en la figura 46 vemos las unidades manejadas por los mayas (Proaft, 2004).

Una opción recomendable para la restauración en zonas degradadas es la promoción de la dinámica del barbecho y el posterior manejo de la vegetación secundaria. Esto se puede lograr mediante prácticas de roturación del suelo (para estimular el banco de semillas), la siembra de especies herbáceas, arbustivas y de rápido crecimiento (para contrarrestar la competencia con pastos) y especies

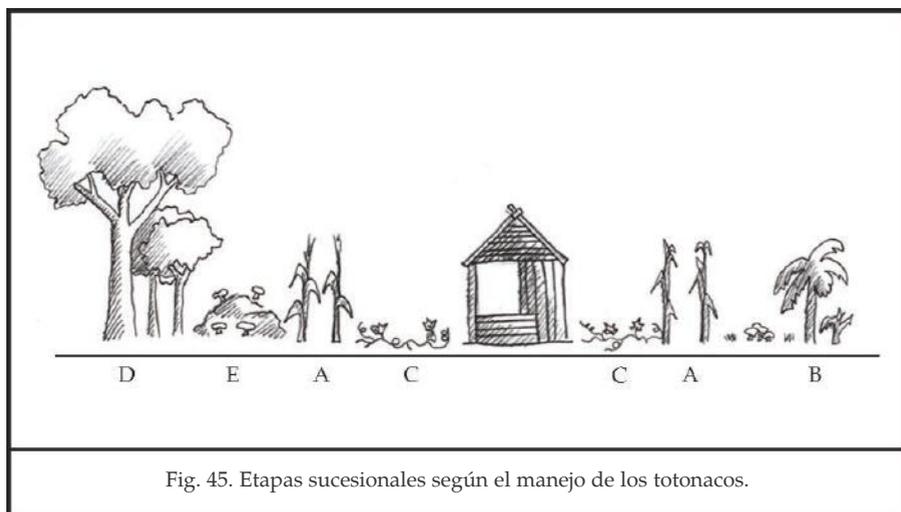
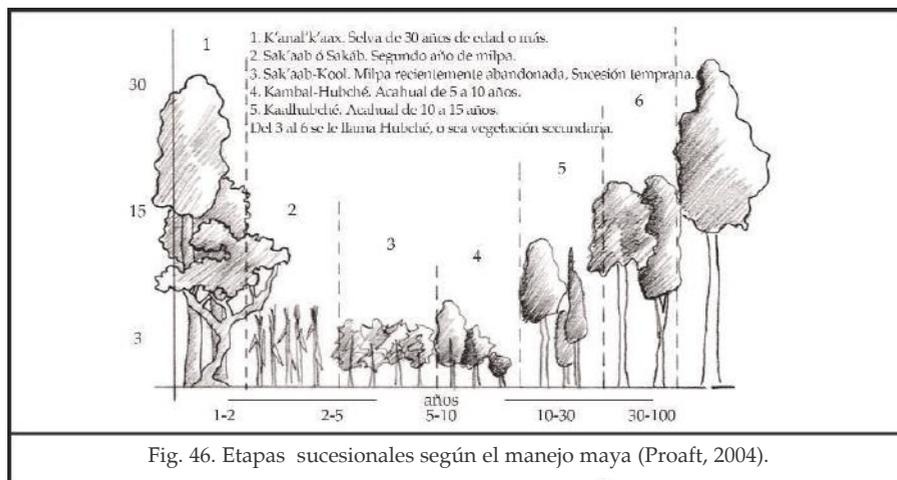


Fig. 45. Etapas sucesionales según el manejo de los totonacos.



arbóreas secundarias que establezcan rápidamente una cobertura vegetal (Ramos *et al.*, 1996). Otra forma de promover la dinámica sucesional es la siembra de una "milpa" y su abandono posterior; las especies de la milpa atraen fauna silvestre que ayuda con la dispersión y siembra de semillas de otras especies. La importancia del uso de la vegetación secundaria radica en la posibilidad de realizar el manejo productivo de especies silvestres que no están siendo aprovechadas e incluirlas en los sistemas de producción y comercialización.

La capacidad natural de la vegetación secundaria para restaurar y mantener la productividad del suelo, así como la regulación del agua, es un factor que no debemos subestimar. Su diversidad de especies, su estructura y composición son relativamente simples comparados con las selvas primarias, lo cual nos permite desarrollar planes de manejo y comercialización sencillos, basados en las especies de rápido crecimiento. Algunos géneros muy promisorios para madera, construcción y leña son: *Trema*, *Cordia*, *Inga*, *Leucaena*, entre otros. Éstos se pueden dejar en el dosel superior y promover su crecimiento mediante el aclareo del dosel intermedio y bajo. En el dosel bajo se eliminan hierbas y arbustos para introducir especies tolerantes a la som-

bra como el cacao, vainilla, café, palma camedor, etc. Los árboles extraídos pueden utilizarse para construcción, postes o leña. También se pueden establecer plantaciones mixtas mediante la sustitución parcial de la vegetación (abriendo bandas o camellones, franjas de 3-5 m sin vegetación) y sembrando las especies deseadas en estas franjas (Mizrahi *et al.*, 1997).

5. PARCELAS DEMOSTRATIVAS-EXPERIMENTALES

Parcelas demostrativas para la investigación

Las parcelas demostrativas-experimentales son un medio eficaz para poner a disposición de los productores el conocimiento agroecológico, agroforestal y forestal, así como los mecanismos de transferencia de tecnología, en particular el uso de métodos y técnicas específicas para manejar determinadas especies arbóreas de interés ecológico, económico y sociocultural. Las parcelas demostrativas-experimentales pueden ser de tipo agroforestal y/o plantaciones mixtas, éstas ayudan a capacitar y a informar a los productores sobre las ventajas de utilizar especies arbóreas, que no se usan actualmente, como alternativas productivas. Una vez establecidas las parcelas, se demuestra el alcance a futuro de estos sistemas de producción, por lo que conviene replicarlas en diferentes condiciones de terreno y con diferentes productores, para así mostrarlas como alternativas en el manejo de recursos naturales.

En este capítulo se describen los resultados de varios estudios experimentales-demostrativos realizados en condiciones de campo, complementados con literatura relevante del tema. Este tipo de parcelas de doble propósito son muy importantes, ya que cumplen la función de documentar científicamente la experiencia y la de capacitación-divulgación de métodos y técnicas agroforestales. De esta manera, se trata de convencer al productor sobre la importancia de estas parcelas como alternativas para mejorar su economía.

Diagnóstico, diseño y establecimiento de parcelas demostrativas-experimentales

En el establecimiento de este tipo de sistemas agroforestales o plantaciones mixtas y en las propias parcelas de los productores, se ponen en práctica las enseñanzas y recomendaciones de este manual. Se espera que las personas que instalan una parcela demostrativa-experimental apliquen ciertas prácticas y actividades para el control de variables que permitan experimentar con diferentes condiciones ambientales y especies. A fin de asegurar el mayor éxito posible, se sugiere realizar la secuencia metodológica propuesta por FIDAMERICA (2003): 1) Definir tecnología agroecológica disponible, 2) Identificar los productos y/o cultivos, 3) Ubicar y caracterizar la parcela, 4) Adecuar la parcela, 5) Planear la producción y prácticas de cultivo, 6) Diseñar y establecer el sistema productivo, 7) Realizar seguimiento y asesoría, 8) Analizar resultados, y 9) Difundir resultados. Estos pasos permiten un mejor control y monitoreo de las actividades al establecer las parcelas agroforestales o plantaciones mixtas, de acuerdo con los productores, después de analizar las diversas alternativas de manejo, las posibles especies por utilizar, así como sus ventajas y desventajas en cuanto a su uso y mantenimiento. A continuación se describen dichos pasos y sus consideraciones generales:

En primer lugar, debe definirse la tecnología agroecológica que se va a utilizar, para elegir un método de trabajo para el establecimiento, el mantenimiento y la utilización de las especies que se planea plantar. En el estado inicial de la plantación, debe decidirse qué técnicas se utilizarán para el manejo del sistema agroforestal o la plantación mixta. Posteriormente se determinan los productos o cultivos: pastos, cereales, hortalizas, frutales, especies maderables, especies pecuarias, etc. Lo anterior sirve de base para la planificación participativa entre el técnico y el productor y su familia. Naturalmente la propuesta depende de las necesidades de la zona y de las inquietudes y expectativas de los propietarios de las parcelas. Para asegurar el éxito, no sólo del establecimiento de las parcelas sino de la cosecha de los productos cultivados, es necesario que tanto los productores como los técnicos asesores trabajen juntos y en forma participativa.

Para ubicar y caracterizar a la parcela, se recomienda un lugar de fácil acceso y visualización, que sea representativo desde el punto de vista agroecológico y en el que existan facilidades para el riego. La ubicación de parcelas demostrativas-experimentales es un elemento importante pues, de ello depende, que tanto beneficiarios directos como indirectos, asimilen las tecnologías con mayor facilidad, y con ello adoptar las más interesantes. Así mismo, es importante su caracterización en términos de la topografía, suelo, agua y vegetación existente. La adecuación de la parcela se refiere a las acciones que deben realizarse en el terreno para prepararlo en caso de no presentar las mejores condiciones para su uso; entre las principales adecuaciones figuran las siguientes actividades: nivelación del suelo, movimientos de tierra (cortes y rellenos), ubicación y construcción de sistemas de riego y establecimiento de terrazas en caso de que sea necesario, ya que éstas proporcionarán beneficios relacionados con el uso del agua, mayor facilidad para el riego, reducirán la erosión, distribuirán más homogéneamente la humedad y se economizará el agua para riego. Aunque lo anterior implica un desembolso económico difícil de llevar a cabo, constituye una buena inversión a mediano y largo plazo para ayudar a mejorar las condiciones del terreno.

El reconocimiento del predio, en un plano, permite realizar una planeación adecuada y ofrece al productor una visión práctica de sus posibilidades de trabajo. Al planificar la producción se define cuál es el objetivo de la misma. Se pretende que las parcelas demostrativas sirvan de ejemplo para que otros productores las reproduzcan en sus propios terrenos. También pueden ser útiles como fuente de divulgación de nuevos cultivos y nuevas tecnologías. La planificación determina las necesidades de comercialización, el uso y el consumo de los productos y el establecimiento de nuevas especies dentro de la parcela. Una vez definida la producción, se elabora un calendario de las actividades de manejo agroecológico: por ejemplo, preparación de suelos, siembra directa o trasplante (plántulas), riego, fertilización-abonado, control de plagas y enfermedades, cosecha, etc. Es también importante tener en cuenta la comercialización, los nuevos mercados,

las actividades de transferencias de tecnología, la capacitación y la difusión.

El diseño y el establecimiento del sistema agroforestal incluyen la disposición de plantas en el terreno, la densidad de siembra y un plan de rotación. Para esto es importante conocer la fenología de las especies consideradas en el trabajo (Napier, 1985) y determinar la densidad de plantación, puesto que los componentes arbóreos que la conforman competirán por nutrientes y agua, ya sea entre especies iguales o diferentes. Por lo tanto, debe lograrse una densidad tal, que los recursos disponibles se utilicen de manera eficiente, además se debe evitar la aplicación de agroquímicos innecesarios. Por otra parte, se trata de utilizar especies que se beneficien de las condiciones propiciadas por otras especies. Lo anterior puede lograrse sincronizando las diferencias de requerimientos de las especies en sus distintas etapas de crecimiento y desarrollo, y así lograr que no interfieran unas con otras. Como las plantas usan diversos recursos a lo largo del año, es posible diseñar un sistema espaciando las fases del ciclo biológico de los cultivos de manera adecuada. Por ejemplo, algunas especies toleran la sombra en su estado juvenil pero no en su fase adulta. En ese caso, puede diseñarse el sistema de tal manera, que cada especie llegue al estado adulto en épocas diferentes.

En el proceso donde se establecen y se le da seguimiento a las parcelas, deben considerarse la asesoría y la asistencia de los técnicos adecuados. Estos dos temas son muy importantes para obtener una buena producción en la parcela. La asesoría debe enfocarse al manejo de los cultivos mientras que la asistencia técnica al desarrollo de la parcela y a la toma y registro de datos de los árboles plantados. Asimismo, debe tenerse en cuenta la capacitación de los productores por medio de visitas programadas a diferentes comunidades y grupos de trabajo. La asesoría contempla la venta de la producción al comercializar los productos en diferentes mercados locales, municipales y de otro tipo. Como parte del establecimiento de las parcelas, es importante hacer un análisis de resultados basado en gastos e ingresos, a fin de facilitar el desglose de éstos. Finalmente, es indispensable considerar el análisis y la difusión de los resultados, ya que

estamos hablando de parcelas demostrativas-experimentales, las cuales tienen un objetivo científico-educativo. Esto se realiza para dar a conocer experiencias de cada caso particular y para evaluar y seleccionar las prácticas tecnológicas más convenientes para cada propietario, lo anterior se puede concretar a través de talleres comunitarios participativos.

Actividades específicas para el establecimiento de la parcela

El establecimiento de las parcelas incluye todos los pasos y consideraciones anteriores, sin embargo es indispensable detallar algunas acciones específicas:

Selección, limpieza y preparación del sitio

Es recomendable que el sitio donde se va a establecer la parcela presente las mejores condiciones posibles (Arriaga *et al.*, 1994): que sea plano o con poca pendiente, que tenga cerca fuentes de agua, que el suelo sea fértil y que sea lo más cuadrado posible. Las prácticas más utilizadas para la limpieza del terreno incluyen métodos mecánicos, manuales y quema. El corte de la vegetación leñosa con motosierra es preferible a utilizar maquinaria pesada, para evitar el daño y la compactación del suelo, además de ser menos costoso. Se recomienda emplear el material cortado para construcción de viviendas, muebles, postes y leña y no dejarlo en el sitio. El resto de la vegetación se puede cortar con machete para usarse posteriormente para postes, leña y el excedente dejarse en el sitio para que se descomponga o en caso necesario para su quema. Las acciones de limpieza comprenden eliminar la "maleza" del lugar a plantar, ya sea en todo el terreno (fig. 47) o como mínimo a una distancia aproximada de 1.5 m de diámetro alrededor de la cepa.

En esta parte del proceso, también se hacen diseños de limpieza del terreno intercalándolos con las plantaciones (López, 2004). Por ejemplo, en la figura 48 se aprecian cuatro diferentes diseños donde



Fig. 47. Selección de terreno y limpieza del mismo (Saiz, 2004).

se observan: la maleza se elimina de manera total en el área donde se van a plantar los árboles (fig. 48a), o se hacen de manera intercalada para alternar zonas limpias con líneas de árboles (fig. 48b), o dejando espacios entre ellas para formar callejones (fig. 48c) o simplemente limpiar alrededor de cada árbol (fig. 48d). En caso de usar la quema

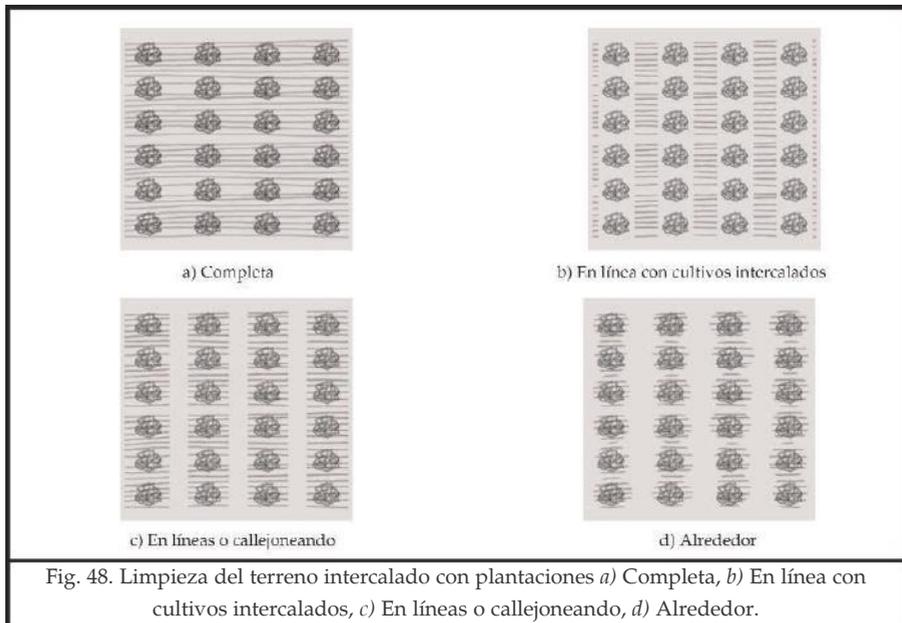


Fig. 48. Limpieza del terreno intercalado con plantaciones *a)* Completa, *b)* En línea con cultivos intercalados, *c)* En líneas o callejoneando, *d)* Alrededor.

del material vegetal restante, es importante tomar todas las precauciones necesarias y dar aviso a la comisión forestal más cercana. El fuego es una herramienta que facilita la siembra y libera nutrientes que pueden acelerar el crecimiento de las plántulas y juveniles establecidos, sin embargo, se debe tener en consideración la cantidad de material combustible, su localización y el nivel de desecación que tiene para lograr una temperatura óptima que disminuya riesgos y daños al suelo (Gliessman, 2002). También es importante tener presente la hora del día y el patrón de vientos y lluvias de la estación del año en que se realiza la quema.

Una vez "limpio" el terreno, se prosigue con la preparación del mismo, con los objetivos de que el suelo permita una mayor retención de agua, que las raíces se extiendan y desarrollen con facilidad, y de promover el desarrollo de un mejor anclaje de la planta, para permitir un mayor aprovechamiento de los nutrientes. La preparación del suelo favorece a su vez, la penetración del agua y el aire a mayor profundidad, además mejora el control de las malezas. Es preferible que esta actividad se realice durante periodos secos y cuando exista un bajo contenido de humedad en el suelo, para prevenir procesos de compactación y que no se erosione éste. Es muy recomendable que la preparación siga las curvas a nivel y elaborar terrazas cuando las pendientes sean mayores al 20%, para aprovechar mejor el agua al interceptar su paso y que permanezca más tiempo retenida en la línea de preparación (García *et al.*, 2005).

Cuando el terreno es plano, los suelos son fértiles y hay poca maleza, la preparación consiste únicamente en la apertura de cepas. Sin embargo, en otros casos es posible realizar una labranza para preparar el terreno, la cual puede ser manual, usando arado o tractor, o haciendo una labranza mínima. La conveniencia de la labranza se determina por las características del cultivo, del suelo y por la abundancia de malezas, empero debe tenerse cuidado, pues cuando la labranza se lleva a cabo de manera frecuente y excesiva, bajo condiciones de precipitación abundante y temperaturas elevadas, a los suelos tropicales les ocasiona el deterioro (Altieri, 1999).

Antes de la preparación del terreno debe seleccionarse el diseño para el establecimiento de la parcela, el cual se elige dependiendo de los objetivos productivos, del tipo de terreno y de las especies utilizadas en el sistema agroforestal o plantación mixta. Los siguientes son ejemplos de diseños (Musalem, 1994):

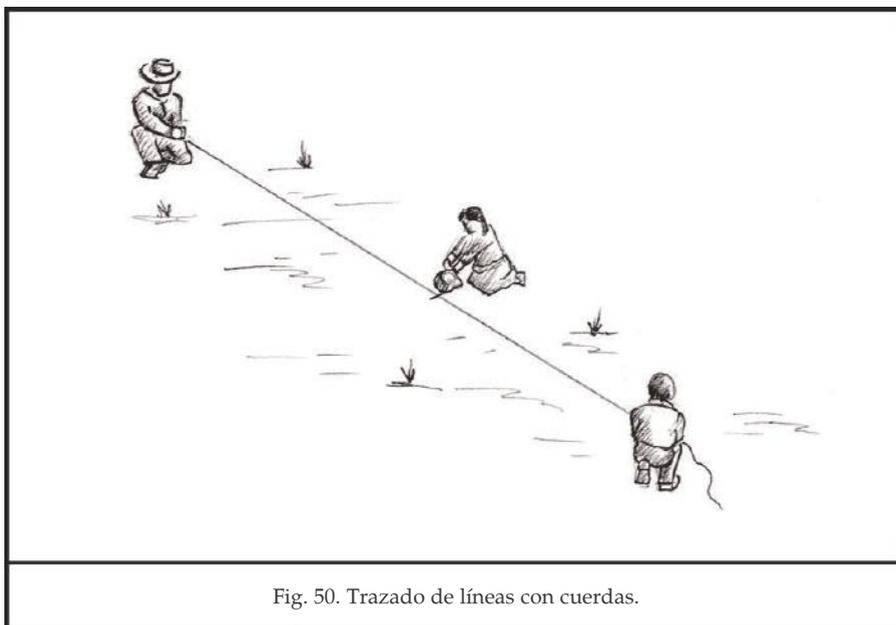
1. Cuadrado, donde la distancia entre plantas y surcos es igual.
2. Rectángulo, donde la distancia entre plantas es menor que entre surcos.
3. Tresbolillo, al plantar se forma un triángulo de tres lados iguales. Se recomienda para terrenos empinados que necesitan protección, además permite una mayor densidad y mejor cobertura del terreno.



Para trazar estas líneas o diseños de plantación, se utilizan cuerdas marcadas y estacas de madera para facilitar la acción (fig. 49). Las curvas en contorno, en este trazo, siguen la configuración natural del terreno y se inician marcando una línea transversal a la pendiente, para lo cual se recomienda una mayor distancia entre plantas que entre los surcos. En los terrenos con pendientes pronunciadas, se elaboran curvas a nivel o terrazas, así las plantas de un surco quedan a un mismo nivel sobre la pendiente del terreno. Se recomienda combinar este diseño con el tresbolillo. Para el trazo de curvas a nivel y terrazas se usan diferentes métodos (López, 2004):

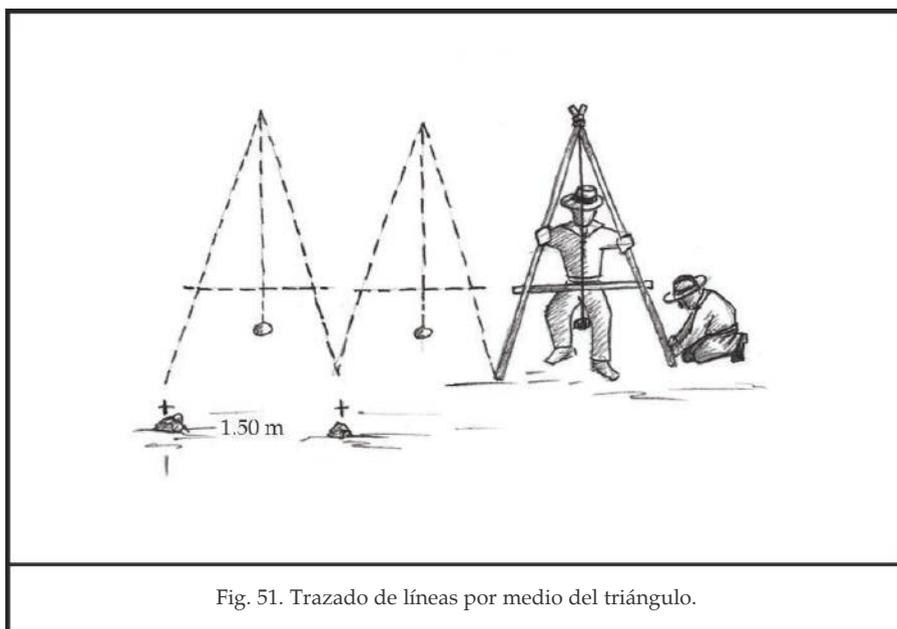
Método con manguera: se requiere una manguera transparente o de color claro llena de agua. Primero, se coloca uno de los extremos en el primer punto, marcándolo con una estaca. El otro extremo de la manguera se pone en el siguiente punto de la curva o terraza (5-10 m), cuando el agua ya no se mueve en ambos extremos de la manguera se sitúa una segunda estaca. De esta manera se van distribuyendo los puntos y las estacas en la curva de nivel. Posteriormente se marca una segunda curva de nivel en forma paralela a la primera (3-5 m) dependiendo de la pendiente. Así se prosigue de la misma forma hasta completar el terreno y siguiendo la misma curvatura que el primero.

Método de cuerdas: se aconseja utilizar dos cuerdas marcadas de forma diferente. Una, donde las señales comiencen al principio de la cuerda y la otra donde las marcas empiecen a la mitad de la distancia de plantación entre árboles (fig. 50). Se ubican las cuerdas a través de la pendiente, iniciando por arriba. Es necesario asegurarse que los surcos sean paralelos entre sí utilizando estacas. Se alinean, una con



respecto de las otras, verificando que todas las estacas estén sobre el mismo eje. Es bueno dar curvatura a las cuerdas siguiendo las curvas a nivel.

Método del triángulo: consta de un triángulo de madera, donde dos de sus patas descansan en el suelo (distancia entre patas de 1.5 m) y del vértice pende una plomada. La vara horizontal debe estar aproximadamente a 30 cm del suelo. Para calibrarlo, se coloca en un lugar aunque no sea plano y se marcan con estacas los lugares donde se apoyaron las patas. Se espera a que la plomada deje de balancearse y en el lugar donde se detenga, se hace una marca sobre la vara horizontal. Se le da al aparato un giro de 180° y se deja ese espacio libre para lograr una separación de 3 m entre plantas. Volver a girar, esperar que la plomada llegue a la marca de la vara horizontal y colocar una señal en el suelo para realizar otra cepa y así sucesivamente (fig. 51).



Elaboración de cepas

Antes de la excavación de cepas debe cuidarse un aspecto muy importante, la separación entre árboles y su distribución dentro del plantío. El espaciamiento influye en la tasa de crecimiento, en la calidad de la madera, en las prácticas de manejo y explotación y en los costos de producción (López, 2004). La densidad de plantación se expresa con el número de árboles plantados/ha, la distancia entre árboles y/o el espacio de crecimiento por árbol (m^2). En el cuadro 25 se muestran los espaciamientos más comunes empleados en las actividades forestales.

Cuadro 25. Ejemplos de espaciamientos utilizados en plantaciones forestales (Musalem y Solís, 2002)

<i>Trazado</i>	<i>Espaciamiento de cepas-troncos (m)</i>	<i>Área disponible para el desarrollo de la copa/árbol (m^2)</i>	<i>Número de árboles/ha</i>
Cuadrado	2 x 2	4	2 500
	2.5 x 2.5	6.2	1 600
	3 x 3	9	1 111
Rectángulo	2 x 3	6	1 667
	2 x 4	8	1 250
	3 x 4	12	8.33
Tresbolillo	2 x 2 x 2	3.5	2 882
	3 x 3 x 3	7.8	1 283

Para la excavación de cepas en suelos de fácil apertura deben considerarse las medidas de 30 x 30 x 30 cm, y aún un poco más para obtener un mejor desarrollo de raíces. En el caso de suelos compactos en extremo deben primero aflojarse con un pico. Cuando los sitios de plantación coinciden con suelos arenosos y susceptibles a fuertes gol-

peteos del viento, se recomienda plantar sin abrir cepas muy grandes. Es suficiente sólo enterrar la pala, hacer palanca y abrir una cepa no ancha, pero sí profunda para proseguir con los procedimientos de plantación normales (López, 2004).

La excavación de cepas debe hacerse en época de sequía, para evitar la inundación de las mismas y además permitir la aireación de las paredes de la cepa y del suelo. Esto ayuda a prevenir plagas y enfermedades. La forma de hacer las cepas es abrir hoyos de las dimensiones deseadas con ayuda de una pala. En suelos muy compactados, se puede auxiliar con pico o barreta. La tierra superficial removida se coloca a un costado de la cepa (la tierra superficial es la que contiene mayor cantidad de materia orgánica y restos de vegetación), mientras que la tierra profunda se coloca en otro lado. Una vez terminada la cepa, la tierra superficial se colocará en el fondo de la cepa, la otra parte de la tierra se mezcla con abono orgánico y con ésta se tapa la cepa una vez colocada la plántula (fig. 52) (Arriaga *et al.*, 1994; López, 2004).

Existe otra opción además de la cepa común y ésta se denomina “a pico de pala”. Se utiliza cuando el suelo conserva condiciones adecuadas para el establecimiento de plántulas y no requiere de prepa-



Fig. 52. Preparación de las cepas (Saiz, 2004).

rar un mayor espacio de terreno para introducir la plántula. Generalmente, estas condiciones se observan en bosques con arbolado ralo que aún conservan en buen estado el estrato herbáceo. Este método consiste en abrir en el suelo, el espacio suficiente para introducir la plántula por medio de una pala recta, talacho o pala de espada. Con la pala recta de punta, se hace el hueco hendiéndola y palanqueándola hacia abajo. Con el talacho se entierra y palanquea hacia arriba y en el caso de la pala espada, ésta se introduce por completo en el suelo de un solo golpe, apoyándose en su pedal e imprimiéndole un movimiento de vaivén rápido hasta dejar un espacio suficiente para introducir la plántula (fig. 53). El trasplante se realiza cuando el hoyo está listo (Arriaga *et al.*, 1994).

Este método tiene la ventaja de ser económico y rápido. Permite que un solo hombre realice la operación de abrir el hueco, introducir la plántula, tapar el hoyo y apisonar la tierra con el pie para lograr un buen contacto entre raíz y sustrato (Arriaga *et al.*, 1994).

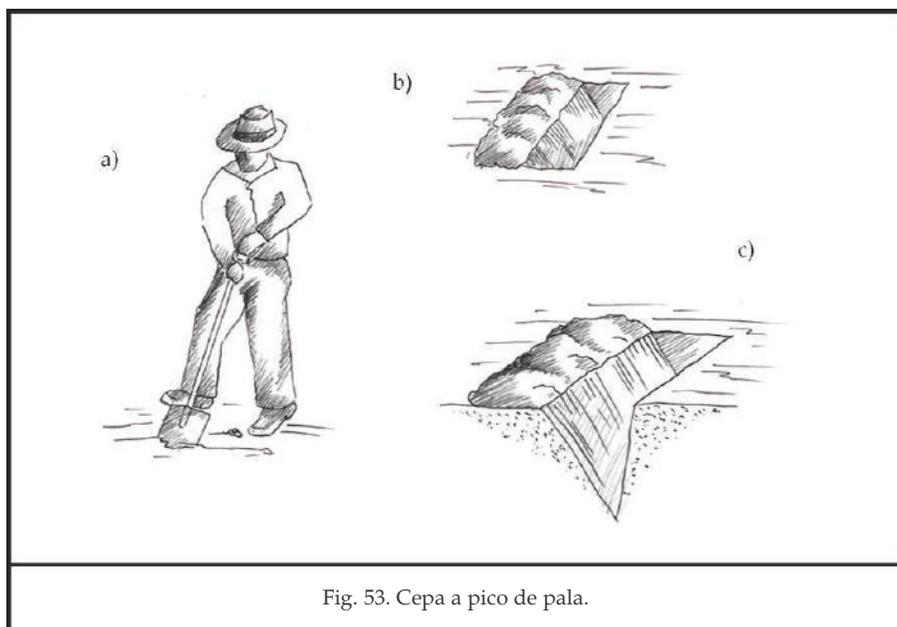


Fig. 53. Cepa a pico de pala.

Transporte y sembrado

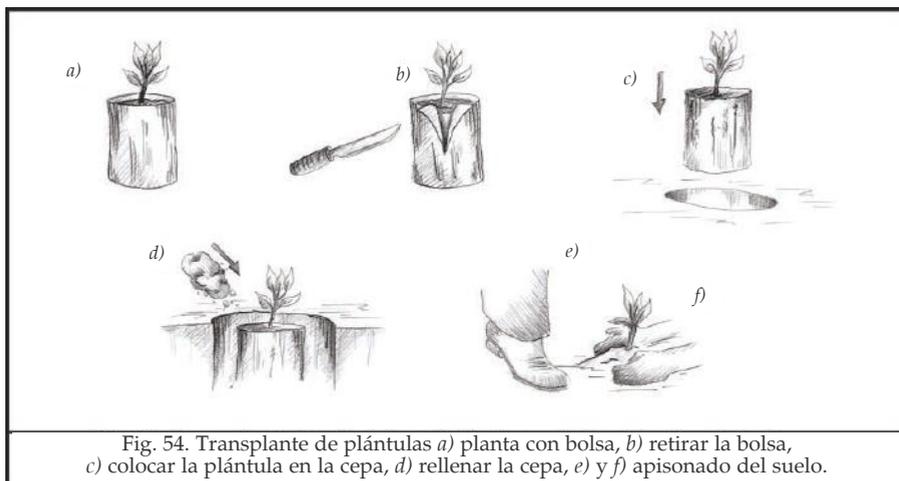
Cuando las cepas están listas, se procede al transporte de las plántulas, que debe hacerse con mucho cuidado pues al realizarlo de manera inadecuada, baja el prendimiento de las mismas. Si las plantas que se van a trasladar están contenidas en bolsas de plástico, se sugiere hacerlo de las siguientes maneras, dependiendo de las condiciones del terreno y de los costos (Arriaga *et al.*, 1994):

1. *Con ayuda de camiones o camionetas.* Al acomodar las plantas en el camión se cuida que los envases sean de las mismas dimensiones y se puedan estibar las plántulas sin lastimarse (no más de dos niveles). Debe evitarse en lo posible que las plántulas se muevan, acomodarlas de manera tal que ocupen toda la superficie de carga de la camioneta o bien ayudándose con cuerdas.
2. *Con animales de carga.* Se sugiere usar cajas de madera o huacales, donde se acomoden las plantas, cuidando ajustarlas para que no se muevan. No se debe poner otra capa de plantas, a menos que los recipientes sean pequeños y cuidando de no maltratar los tallos y las hojas de las que estén abajo. La carga debe quedar bien sujeta y nivelada de ambos lados del animal, para disminuir el riesgo de que pudiera voltearse.
3. *Por personas.* Se usan cajas, huacales e incluso ayates, sólo cuidando de que las plantas queden bien acomodadas y tengan el menor movimiento posible. Es costeable cuando las dimensiones de las bolsas y el tamaño de las plántulas es pequeño.

Si las plantas se transportan a raíz desnuda, debe tenerse mayor cuidado pues éstas van sin cepellón. Para evitar su desecación, conviene exponerlas el menor tiempo posible a los efectos del aire y el sol. Una opción es mantenerlas en un medio húmedo hasta su trasplante, transportándolas en recipientes con sustrato húmedo donde se introducen las raíces.

Al llegar al lugar de establecimiento, se coloca la plántula dentro de la cepa bien derecha y en su centro. Con la otra mano se rellena muy bien el hoyo, cuidando que la distribución de la tierra sea uni-

forme, se llena hasta por encima del terreno, para que al apisonarla quede al nivel de éste. Se pisa fuerte alrededor de la plántula, asegurando no dejar huecos de aire (Arriaga *et al.*, 1994) (fig. 54).



El trasplante debe hacerse lo más rápido posible, de preferencia durante un día nublado o manteniendo las plantas bajo sombra y con un poco de riego. Una serie de precauciones importantes son no dejar las plántulas al sol ni plantas sin quitarles la bolsa, evitar plantarlas poco profundo, no dejar a la planta inclinada dentro de la cepa, evitar doblar sus raíces, no plantar sobre piedras o rocas y tampoco dejar bolsas de aire en el área radicular (fig. 55) (Arriaga *et al.*, 1994).



Fig. 55. Plantado de plántulas (Saiz, 2004).

En el caso de una plantación a raíz desnuda, deben mantenerse el cuello de la plántula a nivel de la superficie del suelo y las raíces su disposición natural. Para el trasplante se coloca la plántula dentro de la cepa, cuidando mucho que las raíces no queden dobladas y que la raíz principal esté recta. Se mantiene la plántula en posición vertical, tomándola por el cuello y luego se sacude ligeramente. Después, se procede a rellenar la cepa con la tierra, se apisona ésta vigilando que el cuello de la plántula se mantenga a la altura correcta. Se puede realizar una zanja circular o cajete alrededor de la plántula para recoger el agua de lluvia (Arriaga *et al.*, 1994). Por diversas causas, durante el primer año de plantación ocurren muertes de plantas, por lo tanto, es necesario reponerlas, más o menos al año de plantación. Si las pérdidas varían entre 10 y 20%, su reposición debe realizarse forzosamente dentro del periodo de lluvias y de ser posible en el mismo año de establecimiento de la plantación. En caso de no ser factible, se replanta al siguiente año (Arriaga *et al.*, 1994).

Protección de la plantación, evaluación y mantenimiento

En la fase inicial es importante restringir el acceso al ganado, para evitar que se coman las plántulas y/o las pisoteen. Por ello debe colocarse una cerca de púas o un vallado, o bien cercas vivas de especies diferentes a la plantación, de preferencia aromáticas o con alguna propiedad de tipo repelente (López, 2004), asimismo asegurarse que el cercado permita el manejo de la plantación, es decir, dejar un espacio para las labores dentro de éste. Procurar estar al pendiente de plagas presentes en las parcelas y controlarlas de preferencia con labores culturales, como detección oportuna o con algún controlador biológico, de los mencionados en capítulos anteriores (López, 2004).

Una vez establecida la parcela debe dársele cierto mantenimiento como deshierbar el terreno para evitar la competencia entre las plantas y la maleza por la luz, el agua y los nutrientes. Esto, sólo se recomienda alrededor de las plantas dejando que en los demás lugares la maleza crezca favoreciendo la recuperación y protección del suelo. Lo anterior debe hacerse cuantas veces sea necesario, dependiendo de la

rapidez con que la maleza crezca, y hasta que las plantas alcancen un tamaño suficiente como para librar la competencia por la luz. Una opción para reducir el número de deshierbes, consiste en colocar la materia vegetal producida por estos, sobre la base de las plantas. Así se forma una capa densa que impide el desarrollo de malezas, además proporciona nutrientes a la planta y capta humedad (López, 2004). El mantenimiento comprende actividades de poda y una práctica silvícola consistente en eliminar ramas vivas o muertas, bajas y mal formadas. Tanto los nutrientes como el agua absorbida, se distribuyen hacia las partes altas para fomentar el crecimiento, mejorar la calidad de las trozas e incrementar la homogeneidad de los árboles (Musalem y Solís, 2002). Las podas tienen una función muy importante que es sincronizar el sistema y acelerar el flujo de circulación de materia orgánica dentro de éste.

Parcelas demostrativas-experimentales en la zona totonaca

A continuación, se presenta un ejemplo del establecimiento y monitoreo de parcelas demostrativas-experimentales con fines de restauración ecológica realizado en la zona totonaca. El objetivo con fines demostrativos de estas parcelas consiste en la participación de un grupo de campesinos en el diagnóstico, el diseño, la capacitación, el establecimiento y el seguimiento de parcelas agroforestales de restauración ecológica. El objetivo de la investigación experimental fue la evaluación de la supervivencia y crecimiento de 12 especies nativas establecidas en 7 parcelas diferentes de restauración ecológica, con diferentes prácticas de manejo en tres municipios de la región de la sierra totonaca, Veracruz. Las especies ensayadas fueron alzaprima (*Carpodiptera ameliae*), bambú (*Guadua angustifolia*), caoba (*Swietenia macrophylla*), cedro (*Cedrela odorata*), ceiba (*Ceiba pentandra*), chaca (*Bursera simaruba*), maicillo (*Pleuranthodendron lindenii*), ojite (*Brosimum alicastrum*), palo de rosa (*Tabebuia rosea*), sauce (*Salix humboldtiana*), zapote mamey (*Pouteria sapota*) y zapote reventador (*Pachira aquatica*).

Estas parcelas se diseñaron en colaboración con los dueños de los predios, en función de los objetivos productivos y ecológicos. Lo anterior responde al interés de los propietarios y de los asesores técnicos, así como a la disponibilidad de semillas y plántulas. Las parcelas constituyen un ejemplo práctico sobre la forma como pueden establecerse: parcelas de campo tanto para un seguimiento técnico como para un trabajo de desarrollo comunitario. Estas constituyen parte de las investigaciones que el Centro de Investigaciones Tropicales y el Programa de Acción Tropical A.C. llevan a cabo en la sierra de Papantla (Juárez, 2008; Vergara, 2007). En la figura 56, se presenta el croquis de tres parcelas agroforestales donde se aprecia la distribución de las plantas introducidas y los cultivos asociados.

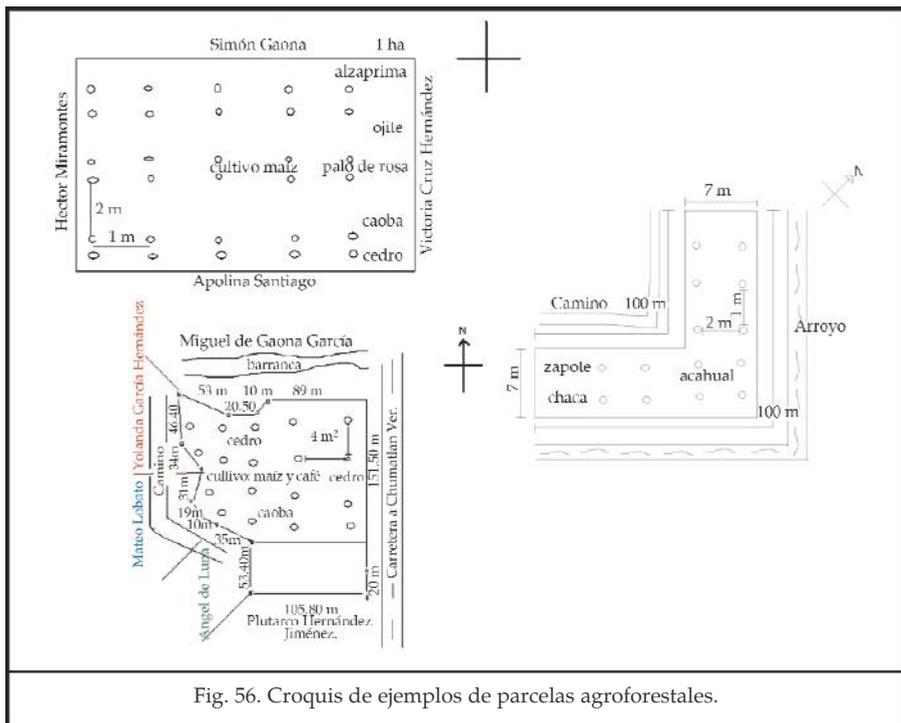


Fig. 56. Croquis de ejemplos de parcelas agroforestales.

La identificación y la caracterización de las diferentes prácticas de manejo de cada parcela permitió evaluar las más importantes: *a)* colecta de semillas, *b)* germinación en viveros, *c)* transporte, *d)* plantación, *e)* limpieza, *f)* fertilización y *g)* control de plagas y enfermedades. Estas actividades determinan en gran proporción el éxito de las plantaciones. El proceso de establecimiento de las especies utilizadas fue diferente en las 7 parcelas, ya que dependió de las condiciones topográficas, del tipo de suelo, de la vegetación existente, de la disponibilidad de las plántulas, de la época del año, del esquema de siembra y del diferente nivel de competencia y capacitación de los productores. Lo anterior se reflejó en la supervivencia y el crecimiento de las plántulas durante el periodo de seguimiento de las parcelas (24 meses). En general, el esquema de siembra y las acciones de mantenimiento aumentan la supervivencia e influyen positivamente en el crecimiento de las especies; la falta de riego, la competencia con enredaderas y las plagas-enfermedades fueron los factores que más afectaron, en forma negativa, la supervivencia y el crecimiento de la mayoría de las plántulas, de éstas, las que tuvieron una mayor supervivencia (63-77%) y por lo tanto más resistencia a las condiciones locales fueron: *T. rosea* y *C. odorata*. Otras que presentaron supervivencias de 33 al 62% son *S. macrophylla*, *P. lindenii* y *P. spota*, el resto tuvieron sobrevivencias menores a 27% y algunas que no resistieron la sequía fueron *S. humboldtiana* y *G. angustifolia*. Las que presentaron un mayor crecimiento en el periodo estudiado (1.7-2.4 m) fueron: *B. simaruba*, *C. pentandra*, *P. spota* y *T. rosea*. Algunas especies muestran crecimientos medios (1.3-1.6 m): *S. macrophylla*, *P. lindenii*, *P. acuatica* y *C. odorata*. Otras tienen crecimientos menores a los 70 cm como *B. alicastrum* y *C. ameliae*. Este tipo de estudios nos permiten establecer los requerimientos y limitantes de las especies a las condiciones de crecimiento locales y a la tecnología de manejo disponible, con ellos se pueden escoger a las especies más adecuadas.

La integración de la producción forestal con la siembra de cultivos básicos y frutales es una alternativa productiva atractiva para los campesinos y productores rurales, además de que detiene la deforestación y promueve la conservación de la biodiversidad. En este tipo

de parcelas es indispensable la participación de los campesinos con un enfoque colaborativo y productivo, que pueda potencializar la producción. Sin embargo, el financiamiento, la capacitación y la asistencia técnica adicional puede limitar el establecimiento y el manejo de los sistemas agroforestales y las plantaciones mixtas con fines productivos-demostrativos-experimentales.

6. ASPECTOS BOTÁNICOS Y TÉCNICOS DE ESPECIES FORESTALES

Especies forestales tropicales

En capítulos anteriores se ha hablado de la necesidad de generar información sobre el manejo y la reproducción de especies forestales nativas. Este conocimiento debe abarcar desde las condiciones de propagación de las especies hasta sus características físicas tales como: la descripción de los árboles, el fuste, la copa, las ramas, los tiempos de floración y la fructificación, además de los tipos de semillas, frutos y sus posibles usos. Por tanto, en este capítulo se presentan fichas con información botánica y técnica de 19 especies forestales de la zona totonaca. Éstas se han investigado bajo el auspicio del proyecto Restauración ecológica campesina en cinco ejidos de la zona totonaca mediante actividades de agroforestería Conafor-Conacyt No.2002-CO1-6107 y el proyecto Establecimiento de un módulo experimental en viveros con especies riparias nativas para la protección de áreas ribereñas erosionadas en la sierra totonaca-Conacyt No. 2003-C03-10268 en el Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana.

Las fichas contienen los siguientes datos:

1. Nombre científico de la especie y de la persona que las identificó por primera vez y la nomenclatura que incluye: familia género y especie

2. Sinonimia del nombre científico
3. Nombres comunes incluyendo los de las lenguas nativas
4. Descripción botánica
5. Distribución
6. Usos
7. Germinación y fisiología

Las especies descritas son:

- | | |
|--|--|
| 1. <i>Brosimum alicastrum</i> Swartz | 10. <i>Guarea glabra</i> Vahl. |
| 2. <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. | 11. <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. |
| 3. <i>Carpodiptera ameliae</i> Lundell | 12. <i>Inga vera</i> Willd |
| 4. <i>Castilla elastica</i> subsp. <i>elastica</i>
C.C. Berg. | 13. <i>Pachira aquatica</i> Aubl. |
| 5. <i>Cedrela odorata</i> L. | 14. <i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr. |
| 6. <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn. | 15. <i>Pleuranthodendron lindenii</i>
(Turcz.) Sleumer. |
| 7. <i>Cajupoba arborea</i> (L.) Britton &
Rose. | 16. <i>Salix bonplandiana</i> Kunth. |
| 8. <i>Diospyros digyna</i> Jacq. | 17. <i>Spondias mombin</i> L. |
| 9. <i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud. | 18. <i>Spondias purpurea</i> L. |
| | 19. <i>Swietenia macrophylla</i> King |

Brosimum alicastrum Swartz

Taxonomía

Brosimum alicastrum Swartz, publicado en *Prodromus Sismatys Naturalis Regni Vegetabilis*, núm. 12, 1788; Pittier, *Contributions from the United States Natural Herbarium*, núm. 20:96, 1918; Berg. *Flora Neotropica Monograph.*, núm. 7:161, 1972.

Nomenclatura

Familia: Moraceae. Género: *Brosimum*. Especie: *alicastrum*

Sinonimia

Alicastrum brownei Kuntze, *Brosimum conzattii* Standl., *Brosimum terrabanum* Pittier, *Helicostylis ojoche* K. Schum. ex Pittier, *Helicostylis latifolia* Pittier, *Piratinera alicas-trum* (Sw.) Baill., *Piratinera terrabana* (Pittier) Lundell, *Urostigma fagineum* (Kunth & C.D. Bouché) Miq. (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Ox (Maya); Ramón, Ujushté, Ujushte blanco, Carcomo, Muñeco, Masicaron (Guatemala); Masico, Masiquilla (Honduras); Ojoche (Nicaragua); Capomo, Hichoso, Masiquilla, Ujushte de verano, Lechoso (América central); Árbol de leche, Muratínga, Guaimero, Tillo (Venezuela); Mojito, Mojote, Mujú, Ojite, Ramón del mico, Talcoite, Hairi (México); Manchinga (Perú) (Pennington y Sarukhán, 1998).

Descripción botánica

Árbol dioico de 20 a 45 m de altura total y de 10 a 30 m de altura comercial. El dap va de 40-50 cm (Toledo y Rincón, 1999) (fig. 57). La copa es redonda o umbelada, el follaje verde oscuro y denso con ramas oblicuamente ascendentes. Fuste grande recto y cilíndrico con aletas pronunciadas de hasta 3 m de altura (fig. 57). La corteza externa es de color gris pálido a pardo oscuro con apariencia fisurada, desprendible en capas leñosas. La corteza interna es de color amarillo cremoso de textura arenosa que exuda un látex blanco. El grosor total de ésta es de 0.5 a 1 cm (Prosefor, 1999). Las hojas son simples, enteras, alternas, de elípticas a elíptico-oblongas de 7 a 25 cm de largo y de 3 a 9 cm de ancho (Aguilar y Cumes, 1992), la base es de obtusa a aguda; haz verde oscuro, lustroso y envés verde pálido y opaco, ambas superficies glabras. Las flores son de color verdoso de 1 cm de largo con varias flores masculinas y una femenina, un ovario unilocular, estilo terminado en dos lóbulos estigmáticos. El fruto es una baya globosa con pericarpo carnoso y comestible; tiene de 1.5 a 2.5 cm de diámetro, de color verde amarillento a anaranjado en su madurez (fig. 58), cubierto por diminutas escamas y con una sola semilla de forma globosa de unos 15 a 20 mm de diámetro. Posee dos cotiledones curvos, carnosos, montados uno sobre el otro, la radícula es corta, inferior y carecen de endospermo.

La floración es de noviembre a febrero y los frutos de marzo a mayo en México (Prosefor, 1999). En el sureste mexicano florece en abril y julio y fructifica en junio y octubre (Niembro, 2003c) (fig. 59).

Distribución

Ampliamente distribuido en América tropical desde Belice, sur de México, Centro América hasta Panamá, Ecuador, Guyanas, Cuba y Jamaica (Aguilar y Cumes, 1992).

Usos

El Ramón es un árbol de uso múltiple; se utilizan las hojas, los frutos, el látex, las semillas y la leña. Se emplea en la construcción para postes, cercas y estacas (tratados), artículos deportivos y atléticos, mangos de herramientas y estructuras (Herrera y Lanuza, 1996). Puede servir como forraje, ya que es rico en contenido de proteína cruda (González, 1984). Sus semillas son galactógenas (favorecen la producción de leche humana). Con la infusión de las hojas se pueden tratar afecciones del pecho y del asma (Benítez *et al.*, 2004). Se utiliza como alimento y en pastizales proporciona sombra y forraje; además es un buen recurso para el mantenimiento de la fauna silvestre.

Germinación

Necesita 15 días para germinar, no requiere escarificación y tiene un porcentaje de éxito de 70-85% (Benítez *et al.*, 2004).



Fig. 57. Árbol y fuste de *Brosimum alicastrum* (Proaft, 2006).



Fig. 58. Semillas y fruto de *Brosimum alicastrum* (Proaft, 2006).

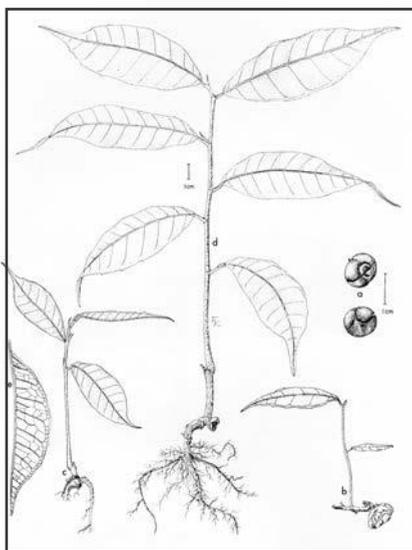


Fig. 59. Plántula (a), estados juveniles de *Brosimum alicastrum* (b,c,d,e.) (Del Amo, 1979).

Bursera simaruba (L.) Sarg.

Taxonomía

Bursera simaruba (L.) Sarg. (1890), publicado en *Garden & Amp; Forest* núm. 3: 260, 1890.

Nomenclatura

Familia: Burseraceae. Género: *Bursera*. Especie: *simaruba*.

Sinonimia

Bursera bonairensis Boldingh; *B. gummifera* (L.); *B. integerrima* (Tul.) Triana & Planch.; *B. ovalifolia* (Schltdl.) Engl.; *B. sub. pubescens* (Rose) Engl.; *Elaphrium simaruba* (L.) Rose; *Elaphrium sub. pubescens* Rose; *Pistacia simaruba* L.; *Tapiria macrophylla* Lundell (Conabio, 2006).

Nombres comunes

Cohuite (Ver.); Copalillo (Pue.); Chaca (Tamps., Ver., Yuc.); Chachah, chakah, Hukúp (l. maya, Yuc.); Chacaj (l. tojolabal, Chis.); Lon-sha-la-ec (l. chontal, Oax.); Tzaca (l. huasteca, S.L.P.); Tusun, Ta'sun (l. totonaca, Pue.); Yala-guito (l. zapoteca, Oax.); Chicohuiste, Chocohuite, Chocogüite, Chohuite (Chis.); Jiote, Jiote colorado, Quiote (Sin.); Piocha (Tamps.); Tzaca (l. huasteca, S.L.P.); Mulato, Songolica, Zongolica (Oax.); Palo colorado (Sin.); Palo Jiote (Ver., Tab., Oax.); Palomulato (Nay., Chis., Tab., Oax.); Palo retino, Suchicopal (Tab.) (Conabio, 2006).

Descripción botánica

Árbol resinoso, monoico o polígamo-dioico caducifolio de 5 a 35 m de altura (fig. 60), con un dap de 40 cm a 1 m. Copa irregular y dispersa. Cuando el árbol crece en terrenos abiertos, sus ramas se extienden y forman una copa ancha y abierta. Hojas compuestas, margen entero, membranáceos a cartáceos verde oscuro y brillantes en el haz (fig. 61). Tronco con una ligera torcedura en forma de S en su parte media o superior, con pocas ramas gruesas y torcidas. El tronco es fornido y con frecuencia se bifurca a 2 m del suelo. Su corteza es lisa, rojiza y se despega en jirones. Flores en panículas tirsiformes terminales o pseudoracimos de 6 a 13 hasta 20 a 28 cm de largo incluyendo el pedúnculo; con flores masculinas individuales con 4 a 5 pétalos rosados, verde amarillentos blancos. Flores femeninas con sólo tres pétalos. Florece de febrero a septiembre (Conafor, 2006) (fig. 62a y b). Los frutos son una cápsula trivalvada de 10 a 15 mm de largo, en infrutescencias de 4 a 9 cm y hasta 15 cm de largo, globosa u ovoide, de 7 a 10 mm de diámetro, triangular, moreno rojiza, dehiscente (fig. 63). Fructifica de febrero a agosto (Conafor, 2006) con prevalencia de las semillas por varios meses, 1 o 2 semillas por fruto de 8 a 10 mm de largo por

7 a 8 mm de ancho y 5 a 6.5 mm de grueso, amarilla, angulosa, triangular al corte (Conabio, 2006). La plántula se observa en la figura 64.

Distribución

Se encuentra desde la Sierra de Tamaulipas y San Luis Potosí hasta Yucatán y Quintana Roo y desde Sinaloa hasta la depresión central de Chiapas en el Pacífico. Altitud: 0 a 1 200 (1 800) m (Conabio, 2006).

Usos

La madera es blanda y ligera, sirve para artesanías, juguetes y artículos torneados. La resina se usa como pegamento para unir loza, vidrio y porcelana. Su resina repele insectos y hervida en agua y endurecida se utiliza como incienso. La madera tiene un alto contenido de humedad pero seca no es apropiada para uso externo. Es una planta forrajera y con la pulpa se hacen papel, barnices y lacas. Se puede emplear para fabricar cocinas integrales, acabados de interiores, suelas de zapatos, muebles, cajas, embalajes, postes, cercas, chapa, triplay, cerillos, canoas, abatelenguas, tableros aglomerados, palillos, guacales y toneles. En medicina tradicional, la infusión del cocimiento de la madera se usa para bajar de peso; el fruto y la flor son antidiarréicos, antídotos para el veneno de serpiente. El fruto se usa para el resfriado, disentería, diarrea, fiebre, hongos, mal de viento, tosferina, sarampión, antiasmático, acelerador de parto, encías infectadas, evacuaciones con sangre, diurético, amigdalitis, comezón, úlceras (enfermedades venéreas), antiinflamatorio (rodillas), fiebre intestinal, analgésico, purgante y sudorífico. La corteza se usa para hemorragia nasal, hipo, heridas, inflamación de ovarios y picadura de araña (Sire, 2006).

Germinación

No requiere escarificación, germina rápidamente y tiene un porcentaje de éxito de 80-100% (Navarrete-Tindall y Orellana, 2003).



Fig. 60. Árbol de *Bursera simaruba* (Proaft, 2006).



Fig. 61. Hojas de *Bursera simaruba* (Proaft, 2008).



Fig. 62a. Flores de *Bursera simaruba* (Proaft, 2008).



Fig. 62b. Árbol con flores de *Bursera simaruba* (Proaft, 2006).



Fig. 63. Frutos de *Bursera simaruba* (Proaft, 2008).

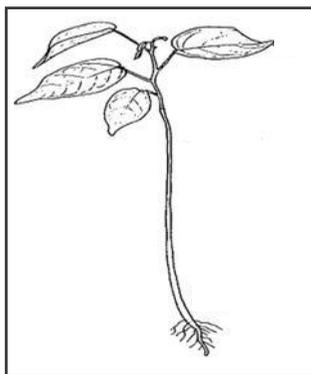


Fig. 64. Plántula de *Bursera simaruba* (Duke, 1965).

Carpodiptera ameliae Lundell

Taxonomía

Carpodiptera ameliae Lundell, publicado en *Field + Lab. Contributions from the Southern Methodist University*, núm. 6:13, 1937.

Nomenclatura

Familia: Tiliaceae. Género: *Carpodiptera*. Especie: *ameliae*.

Sinonimia

Berrya ameliae (Lundell) Kosterm (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Alzaprima (norte de Pue., y Ver.); hojancho (centro y sur de Ver.); pocchich (huasteco, S.L.P.); tejelcome (náhuatl); telcón, palo de halcón, peltón, rama de casa (S.L.P.) (Pennington y Sarukhán, 1998).

Descripción botánica

Árbol de hasta 30 m y dap de hasta 70 cm con el tronco derecho y el fuste limpio y largo, ramas ascendentes. Tiene copa redondeada y densa. La corteza externa es carnosa en piezas cuadrangulares de color gris, la interna es morena fibrosa y el grosor total de ésta es de 10 a 14 mm. La madera es dura de color crema amarillenta con abundantes bandas de parénquima paratraqueal. Las hojas con yemas de 2 a 4 mm de largo, con escasos pelos estrellados pequeños cubiertos por una sustancia serosa brillante (fig. 65); se encuentran dispuestas en espiral, simples, láminas de 9 x 5 a 15 x 10 cm, ovadas o lanceoladas, con el margen entero, ápice agudo cortamente acuminado, base truncada o cordada; de color verde oscuro y brillantes en el haz; verde pálido en el envés, con algunos pelos estrellados en la nervadura central cerca de la base de la lámina y en las axilas de las nervaduras, en el envés se presentan 5 nervios originados desde la base de la lámina, prominentes en el envés; las hojas en juventud son rojas o morado verdosas. Los árboles de esta especie pierden las hojas entre abril y mayo. Las flores tienen panículas terminales de 10 a 30 cm de largo densamente pubescentes con pelos cortos estrellados, pedicelos de 7 a 9 mm, flores masculinas actinomorfas, cáliz pardo verdoso de 5 a 6 mm de largo, cupular con 2-5 lóbulos irregulares agudos densamente estrellados pubescentes en la superficie exterior, pétalos color lila de 1.2 cm de largo, obovados, con el ápice redondeado o truncado, unguiculados, glabros, estambres numerosos, desiguales, los más largos de 4 a 5 mm, filamentos parcialmente unidos en 5 manojos, glabros; ovario ausente. Flores femeninas parecidas a las masculinas pero con estambres más cortos de 2 a 4 mm de largo, ovario bilocular. Los frutos son cápsulas casi globosas de

7 mm de diámetro con el cáliz persistente, los 2 carpelos con grandes prolongaciones membranosas de aproximadamente 2.5 x 1 cm con una nervación prominente de color gris rojizo y pardo oscuro. Tiene 1 o 2 semillas ovoides globosas de 4 a 5 mm de diámetro, amarillentas, cubiertas por numerosos pelos delgados y duros (fig. 66). Florece de julio a agosto (Pennington y Sarukhán, 1998).

Distribución

Se encuentra exclusivamente en la vertiente del Golfo de México, en el noreste de Puebla, en el sur de San Luis Potosí, al este de Hidalgo y al centro de Veracruz (al norte de la sierra de Naolinco) (Pennington y Sarukhán, 1998).

Usos

Su madera sólo se emplea en construcciones locales (Pennington y Sarukhán, 1998).

Germinación

No disponible.



Fig. 65. Plántula *Carpodiptera ameliae*
(Proaft, 2008)



Fig. 66. Semillas de *Carpodiptera ameliae*
(Proaft, 2006).

Castilla elastica C. C. Berg

Taxonomía

Castilla elastica subsp. *elastica* C.C. Berg., 1972, citado en *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden (Catalogue of the Flowering Plants and Gymnosperms of Peru)*.

Nomenclatura

Familia: Moraceae. Género: *Castilla*. Especie: *elastica*. Subsp: *elastica* C.C. Berg

Sinonimia

Castilla lactiflua O. F. Cook., *Castilla costaricana* Liebm, *Castilla elastica* var. *liga* J. Poiss., *Ficus gummifera* (Miq.) Miq. (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Holcuáhuítl, Olicuáhuítl (l. náhuatl); Hule; K'íik-ché (l. maya, Yuc.); Lacú (l. chontal, Oax.); Tiniag, Niasé, Ma-thi-ná, Motiná (l. chinanteca, Oax.); Palo de hule (Oax.); Olacahuíte (Ver.); Tarantacua (Mich.); Quiikché, Yaxha (Yuc.); Tsacat (l. totonaca, Ver.); Yaga-latzi (l. zapoteca, Oax.); Pem (l. huasteca, S.L.P.) (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Descripción botánica

Árbol monopódico perennifolio o caducifolio de 20 a 25 m (hasta 54 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 60 cm (hasta 1.5 m) (fig. 67). Copa abierta y piramidal. Hojas alternas, simples, gruesas; láminas de 20-45 cm de largo por 10-20 cm de ancho, oblongas, con el margen ondulado; verde oscuras y opacas en el haz, verde amarillentas con abundantes pelos sedosos en el envés (fig. 68). Tronco derecho. Corteza externa lisa a ligeramente fisurada con abundantes lenticelas protuberantes dispuestas en líneas longitudinales pardo grisáceas a moreno grisáceas. Corteza interna de color crema claro a amarillento, fibrosa, con exudado blanco o cremoso muy abundante. Ramas muy separadas entre sí, horizontales y ligeramente en forma de S, gruesas y vellosas. Flores masculinas generalmente en racimos de 4, flores femeninas en racimos solitarios, en un receptáculo semicóncavo, sésiles; cáliz carnoso y de color amarillo verdoso. Los frutos son drupas agregadas de 4 a 5 cm de diámetro, cada fruto cónico con 4 ángulos, rodeado del perianto persistente, de color anaranjado o bermellón; fruto cartilaginoso muy jugoso y casi sin sabor aunque ligeramente agrio y con 1 o 2 semillas oblongas de 8 a 10 mm de largo, rodeadas de una testa morena (fig. 69). Florece de marzo a junio y los frutos maduran de julio a octubre. Polinización anemófila (viento) (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Distribución

Se encuentra en la vertiente del Golfo de México desde el norte de Puebla y Veracruz, al sur de Tamaulipas y San Luis Potosí hasta la Península de Yucatán y en la vertiente del Golfo, desde Nayarit hasta Chiapas (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Usos

Se emplea como adhesivo, combustible, en la construcción rural. Madera poco durable (Conabio, 2006; Semarnat, 2006). Se elaboran pinturas e impermeabilizantes, el látex se utiliza en la fabricación de pelotas, guantes e impermeables. Esta especie constituyó la fuente principal de hule natural en México y en Centroamérica. En México se usó para hacer las pelotas del Juego de Pelota Prehispánico. La madera se puede dedicar a la fabricación de pulpa para papel. En medicina tradicional se emplea la hoja para hemorroides, inflamación de rodilla; el tallo y el látex para la disentería y las quemaduras y una infusión de toda la planta como antiinflamatorio, en la hemorragia estomacal, los granos y heridas en los pies astillados. (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Germinación

No requiere escarificación, germinación epígea que empieza a los 12 días y termina a los 30, con éxito de 72% (Conabio, 2006).



Fig. 67. Árbol de *Castilla elastica* (Proaft, 2008).



Fig. 68. Hojas de *Castilla elastica* (Proaft, 2006).



Fig. 69. Semillas de *Castilla elastica* (Proaft, 2006).

Cedrela odorata L.

Taxonomía

Cedrela odorata L. (1759). Publicado en *Systema Naturae*, Editio 10: 940, 1759.

Nomenclatura

Familia: Meliaceae. Género: *Cedrela*. Especie: *odorata*

Sinonimia

Cedrela mexicana M. Roem., *Cedrela yucatanana* S. F. Blake, *Cedrela velloziana* M. Roem., *Cedrela dugesii* S. Watson, *Cedrela cubensis* Bisse, *Cedrela adenophylla* Mart., *Cedrela glaziovii* C. DC., *Surenus glaziovii* (C. DC.) Kuntze, *Surenus velloziana* (M. Roem.) Kuntze (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Cedro, Cedro mexicano, Cedro colorado, Cedro oloroso (Rep. Mex.); Acuy (l. zoque, Chis.); Calicedra (Pue.); Cedro rojo (Oax.); Culché, Kulché, K'ul-ché (l. maya, Yuc.); Chujté (Chis.); Kuché (Yuc.); Mo-ni (l. chinanteca, Oax.); Pucsnun-qui-ui (l. mixe, Oax.); Icte (l. huasteca, S.L.P.) (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Descripción botánica

Árbol caducifolio de 20 a 35 m (hasta 45 m) de altura con un dap de hasta 1.7 m (fig. 70). Se han encontrado individuos de más de 60 m de altura con copa grande, redondeada, robusta y extendida o copa achatada. Hojas alternas, paripinnadas o imparipinnadas de 15 a 50 cm incluyendo el pecíolo, compuestas por 10 a 22 folíolos opuestos o alternos de 4.5 a 14 cm de largo por 2 a 4.5 cm de ancho, lanceolados u oblongos (Conabio, 2006; Semarnat, 2006). Tronco recto, robusto. Ramas ascendentes o arqueadas y gruesas, corteza externa fisurada con costillas escamosas pardo grisáceas a moreno rojizas. Interna rosada cambiando a pardo amarillenta, fibrosa y amarga. Grosor total de 20 mm (Conabio, 2006; Semarnat, 2006). Flores en panículas terminales largas y sueltas de 15 a 30 cm de largo; muchas flores angostas aparentemente tubulares pero con 5 pétalos suavemente perfumadas; florece de mayo a agosto (Benítez *et al.*, 2004). Frutos de hasta 30 cm de largo, cápsulas leñosas dehiscentes de 2.5 a 5 cm de largo, 4 a 5 valvadas, elipsoides a oblongas, pardo verdosas a morenas, con olor a ajo y un exudado blanquecino y acuoso cuando están inmaduras (fig. 71) (Conabio, 2006; Semarnat, 2006). El fruto se presenta de junio a agosto (Benítez *et al.*, 2004) y contiene alrededor de 20 a 40 semillas aladas de 2 a 3 cm de largo y permanece adherido al árbol por algún tiempo (fig. 72). Los frutos no deben ponerse a secar al sol porque se reduce la viabilidad de sus semillas (Niembro, 2003b).

Distribución

Vertiente del Golfo de México, desde el sur de Tamaulipas y sureste de San Luis Potosí hasta Yucatán, y en la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa hasta Guerrero y en la depresión central y la costa de Chiapas (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Usos

Especie maderable de importancia artesanal, artículos torneados y esculturas; muebles finos, puertas y ventanas, gabinetes, decoración de interior, cajas, cubiertas y forros de embarcaciones, lambrín, parquet, triplay, chapa, ebanistería en general, postes, embalajes, aparatos de precisión. El fruto seco se utiliza para instrumentos musicales, arreglos florales, cortinas. Produce una madera aromática valiosa. Se emplea en construcción rural e implementos agrícolas. La raíz molida sirve para molestias dentales e infecciones externas. La raíz, el tallo y las hojas se usan para la calentura, la diarrea, el dolor de estómago y los parásitos intestinales. Las hojas machacadas se emplean para tratar las manchas blanquecinas de la piel, la dispepsia, la gastralgia, la indigestión, los vómitos, las hemorragias, acelera el parto, la ictericia, la reuma, la diarrea, la tiña, el susto, el mal viento, es antiinflamatorio, la gangrena, la gastritis, las fístulas, las heridas. Esta especie también se utiliza como planta melífera o tutor de café o cacao (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Germinación

No requiere escarificación, germina entre 20 y 30 días a una temperatura de 28 °C (Niembro, 2003b) con un porcentaje de éxito de 50-90% (Conabio, 2006).

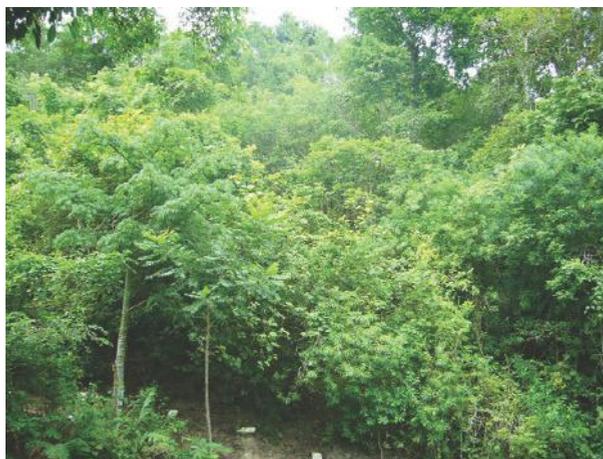


Fig. 70. Árbol de *Cedrela odorata* (Proaft, 2006).



Fig. 71. Fruto y semillas de *Cedrela odorata* (Proaft, 2009).



Fig. 72. Árbol con fruto y semilla de *Cedrela odorata* (Proaft, 2006).

Ceiba pentandra (L.) Gaertn

Taxonomía

Ceiba pentandra (L.) Gaertn. (1791), publicado en *De Fructibus et Seminibus Plantarum* núm. 2: 244, 1791.

Nomenclatura

Familia: Bombacaceae. Género: *Ceiba*. Especie: *pentandra*

Sinonimia

Bombax pentandrum L., *Ceiba caribaea* (DC.) A. Chev., *Bombax occidentale* Spreng., *Bombax orientale* Spreng., *Ceiba anfractuosa* (DC.) M. Gómez, *Ceiba casearia* Medik., *Eriodendron anfractuosum* DC., *Eriodendron pentandrum* (L.) Kurz, *Eriodendron occidentale* (Spreng.) G. Don, *Gossampinus alba* Hamilt., *Gossampinus rumphii* Schott & Endlicher, *Xylon pentandrum* (L.) Kuntze (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Ceiba: Ceiba, Ceibo (Oax.); Pochote, Cuypishtin (l. popoluca, Ver.); Li-misgash-pupi (l. chontal, Oax.); Pimm, Yaaxché (l. maya, Yuc.); Pishtin, Pochotillo (Chis.); Póchotl (l. náhuatl); Púchuti (l. totonaca, Ver.); Tunuum (l. mixteca, Oax.); Yaga-xeni (l. zapoteca, Oax.); Unup (l. huasteca, S.L.P.) (Conafor, 2006).

Descripción botánica

Árbol de rápido crecimiento (fig. 73) y según estudios suele alcanzar los 5 m de altura en cinco años. Fue considerado un árbol sagrado por los nativos de América y se le atribuyen valores medicinales a sus flores, frutos, aceites y savia. Caducifolio de hasta 25-30 m de altura, con tronco grueso, espinoso cuando joven, liso y grisáceo de adulto, con ramas extendidas, horizontales (Conafor, 2006). Copa redondeada o plana muy amplia (cobertura de hasta 50 m). Tronco cilíndrico y muy espigado. Puede llegar a tener hasta 8 m de diámetro en la parte inferior. Las raíces tubulares sobresalen considerablemente del suelo en la parte donde se unen con el tronco y llegan a tener hasta 30 cm de grueso y hasta 3 m de alto, formando algo así como contrafuertes que apoyan al tronco. Corteza externa lisa a ligeramente fisurada en ocasiones, gris plomiza a verdosa, cubierta de espinas cónicas, sobre todo en los individuos jóvenes. Interna de color crema amarillento, granulosa con presencia de abundantes fibras. Grosor total de 18 mm. Hojas compuesto-digitadas con 5-7 (-9) folíolos lanceolados u oblongos, acuminados, de 10-15 cm de longitud, dispuestos en abanico al final del pecíolo. Haz verde brillante y envés verde mate. Alternas, aglomeradas en las puntas de las ramas, palmado-compuestas, constituida de 7 a 8 folíolos, de 5 x 1.5 a 15 x 4 cm, angostamente elípticos (fig. 74) (Conabio,

2006; Semarnat, 2006). Flores en racimos laterales cerca del extremo de las ramas, antes que las hojas. Cinco pétalos, blancuzcos o rosados de 3-3.5 cm de longitud, pelosos por fuera. Estambres unidos en la base. Flores actinomorfas, perfumadas; cáliz verde parduzco en forma de copa, cupuliforme, grueso y carnoso (Conabio, 2006; Semarnat, 2006). El fruto es una cápsula coriácea de 10-12 cm de longitud, con 5 celdas, la flor es de cáliz persistente, con flores péndulas de color pardo morenas. Se abren a lo largo de 5 líneas, contiene de 120 a 175 semillas negras rodeadas de abundante lana de color gris (fig. 75 y 76). El esquema de la plántula se observa en la figura 77. Florece de diciembre a marzo de manera abundante pero no todos los años, en algunos casos pueden pasar hasta cinco años entre una floración y otra. Fructifica de abril a junio. Polinización: quiropterófila (murciélagos), entomófila (abejas) y anemófila (viento). Dispersión de la semilla anemócora (viento).

Distribución

Es originario de la América tropical y está muy difundido desde México hasta el norte de Suramérica, en las costas del Atlántico, el Pacífico y el Caribe. Especie de amplia distribución geográfica. En la vertiente del Golfo se encuentra desde el sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán y en la vertiente del Pacífico, desde Sonora hasta Chiapas. Altitud: 0 a 700 (1 500) m. Estados: Campeche, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Sonora, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán (Conabio, 2006; Semarnat, 2006; Conafor, 2006).

Usos

Se usa para trabajos caseros y embalajes, en la elaboración de artículos torneados, instrumentos musicales y juguetes; también como combustible. El aceite no secante se utiliza localmente con fines de iluminación. La semilla contiene de 30 a 40% de un aceite que se emplea industrialmente para fabricar margarinas. La semilla es comestible cocida o tostada. Las hojas, flores y frutos tiernos suelen comerse cocidos. El aceite se usa para fabricar jabones. Para construcción rural (Benítez *et al.*, 2004). Forrajero (hoja, vástago, fruto, semilla). La pasta residual que queda después de extraerle el aceite a las semillas, se utiliza como alimento para el ganado; es muy semejante a la lanolina pero inferior a la pasta de algodón (Conafor, 2006). El aceite se emplea como lubricante. Uso potencial: pulpa para papel, papel secante. De la lana que envuelve las semillas se obtiene el denominado "kapok", que se usa para colchones, almohadas, para sacos de dormir, etc. Hoy día ha perdido valor por la presencia de materiales sintéticos (Conafor, 2006). Especie maderable con posibilidades comerciales, como fabricación de canoas, balsas, salvavidas, acuaplanos, aeromodelos, flotadores, centros para madera terciada, cajas de empaque, acabados de interiores, lápices, chapa, boyas, madera rústica, cabos para cerillos, maquetas, aisladores de sonidos y vibraciones. Madera ligera no duradera (Conabio, 2006; Semarnat, 2006; Conafor, 2006). En medicina tradicional la corteza se utiliza para heridas, hidropesía,

granos, reumatismo, antiespasmódico, emético y diurético. El tronco sirve para tratar enfermedades intestinales. La hojas contienen alcanfor. Tallo: antiinflamatorio de postemas y tumores, dolor de muelas. Flor: la cocción es emoliente. Planta: quemaduras, salpullido (Benítez *et al.*, 2004). Melífera: apicultura. Clasificada como planta melífera de gran valor. Se considera un árbol sagrado (Conabio, 2006). Sirve para fabricar utensilios domésticos (vasijas, cubetas, etc.) (Conabio, *op. cit.*; Semarnat, 2006).

Germinación

Requiere inmersión en agua hirviendo, retirar de la fuente de calor y dejar las semillas dentro del agua caliente durante 24 horas, germina a los 15 días a una temperatura de 20 °C a 30 °C con 8 horas de luz de día (Alvarado *et al.*, 2003) y tiene un porcentaje de éxito de 60-85% (Benítez *et al.*, 2004; Conabio, 2006).



Fig. 73. Árbol de *Ceiba pentandra* (Proaft, 2006).



Fig. 74. Hojas de *Ceiba pentandra* (Proaft, 2008).



Fig. 75. *Ceiba pentandra* al tiempo de la dispersión de semillas (Proaft, 2008).



Fig. 76. Semillas de *Ceiba pentandra* (Proaft, 2006).

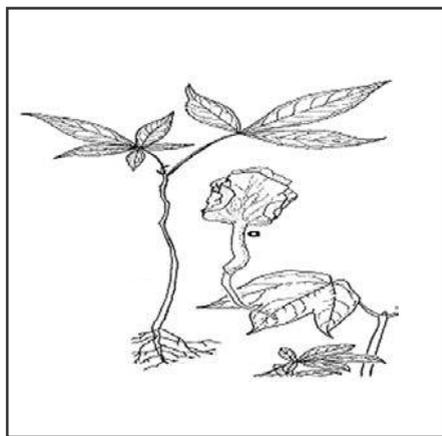


Fig. 77. Plántula de *Ceiba pentandra* (Duke, 1965).

Cojoba arborea (L.) Britton & Rose

Taxonomía

Cojoba arborea (L.) Britton & Rose, publicado en *Journal N.*, 1928, *North America Florida*, vol. 23, núm. 1:1-76.

Nomenclatura

Familia: Mimosoidea. Género: *Cojoba*. Especie: *arborea*

Sinonimia

Acacia arborea (L.) Willd., *Mimosa arborea* L., *Mimosa divaricata* Jacq., *Pithecellobium arboreum* (L.) Urb., *Pithecellobium filicifolium* (Lam.) Benth. *Samanea arborea* (L.) Ricker (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Frijolillo, coralillo, ítil (náhuatl); sombra fresca (S.L.P.); aguacillo, aromillo, guacastillo (Oax.); stapunquivi (totonaco, Ver.); tamarindillo (Oax.) (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Descripción botánica

Árbol de 15-18 m de altura y 50 cm de dap. Tronco derecho, ligeramente tortuoso con las ramas ascendentes y la copa abierta y oscura. Corteza externa fisurada con las costillas escamosas, lisa cuando joven, gris, parda. Interna de color crema amarillento a rosado, fibrosa amarga, grosor total de la corteza de 10 a 13 mm (Pennington y Sarukhán, 1998; Conabio, 2006; Semarnat, 2006). Ramas jóvenes ferruginosas a grisáceas, ligeramente estriadas, huecas, con numerosas lenticelas transversales, pálidas, densamente pubescentes (Pennington y Sarukhán, 1998; Conafor, 2006; Semarnat, 2006). Hojas bipinnadas de 8-16 pares de pinnas, hoja de forma elíptica de 28-42 cm de largo con margen entero y superficie lisa plana (fig. 78), pecíolo de 4-6 cm de largo y el pecíolo de las hojuelas con 0.2 cm aproximadamente. Inflorescencia en forma de cabezuelas de color blanco de 1 a 2 cm de diámetro, flores actinomorfas, cáliz verdoso, tubular con 5 dientes triangulares cortos, glabro; corola blanca de 7 a 8 mm de largo, tubular, un poco expandida en el ápice, glabra, con 5 lóbulos de 1 a 1.5 mm de largo, triangulares u ovados, valvados; estambres numerosos, unidos en un tubo en los primeros 4 a 5 mm en su base, glabros; la parte libre de los filamentos blanca; ovario súpero unilocular, alargado, multiovular, con un estilo delgado, del mismo largo o un poco más que los estambres, estigma pequeño simple (Pennington y Sarukhán, 1998; Conafor, 2006; Semarnat, 2006). El fruto es una vaina de hasta 26 cm de largo, retorcida y arrugada, afelpada, de color rojo intenso cuando está madura, contiene de 6 a 12 semillas de 1 a 2 cm

de largo en forma de frijol, negras brillantes (figura 79), péndulas en los frutos maduros abiertos por medio de un folículo blanco (Pennington y Sarukhán, 1998; Conafor, 2006; Semarnat, 2006). Floración de octubre a junio y fructifica de abril a octubre (Benítez *et al.*, 2004).

Distribución

Se distribuye desde la vertiente del Golfo al este de San Luis Potosí y norte de Puebla y Veracruz hasta Tabasco y Chiapas, y en la vertiente del Pacífico en Oaxaca y Chiapas (Pennington y Sarukhán, 1998).

Usos

La madera se ha usado para la fabricación de mangos de herramientas y piezas similares; cuando ésta se seca tiende a rajarse; la fibra impide un buen torneado y pulido, se puede cepillar bien en el sentido de la fibra (Pennington y Sarukhán, 1998).

Germinación

Remojar en agua 24 horas; tiene un porcentaje de germinación de 90-95% (Flores, 2003).



Fig. 78. Hojas de *Cojoba arborea* (Proaft, 2006).



Fig. 79. Semillas de *Cojoba arborea* (Proaft, 2006).

Diospyros digyna Jacq.

Taxonomía

Diospyros digyna Jacq., publicado en *Plantarum Rariorum Hortae Caesareae Schoenbrunnensis* núm. 3: 35, t. 313, 1798.

Nomenclatura

Familia: Ebenaceae. Género: *Diospyros*. Especie: *digyna*

Sinonimia

Sapota nigra J. F. Gmel., *Diospyros obtusifolia* Humb. et Bonpl. ex Willd. *D. nigra* Perrott., *D. sapota* Robx., *Sapota nigra* Blanco., *Diospyros embranacea* A. D. C. *D. nigra* Blanco., *D. laurifolia* A. Rich.

Nombres comunes

Biaqui (Oax., zapoteco); ébano (Yuc.); muneque (Hgo., S.L.P.); tauch, tauch-ya (Yuc., maya); tauchi (Tab.); tlilzapotl, totocuitlatzapotl (zona central, náhuatl); zapote negro (Oax., Gro., Ver. y Guatemala); zapote prieto (Chis., Gro., Jal., Mich., Mor., Tab., Ver., Yuc.) (Conabio, 2006).

Descripción botánica

Árbol de 6 a 25 m de altura. Tronco de 1-2.4 m de diámetro. Corteza canaliculada, escabrosa, abundantemente estrigulosa, a veces carnosa en las partes jóvenes, fisurada en piezas irregulares, fácilmente desprendibles, glabra a puberulenta en las partes viejas. Hojas verde olivo, elípticas u oblongo elípticas de 7.2-18 cm de largo por 2.8-7.2 cm de ancho, el haz es brillante, glabro o a veces el nervio central y la base de la lámina dorado-estrigulosa, el envés opaco, glabro a estriguloso, los pelos más abundantes en el nervio central, el ápice agudo, a veces acuminado u obtuso, la base ligeramente cuneada, atenuada u obtusa; nervios de 7-15, alternos, el nervio central hundido, los laterales impresos o ligeramente resaltados en el haz; pecíolo de 0.5-1.7 cm de largo, canaliculado, rugoso, glandular-estriguloso (Conabio, 2006). Flores masculinas blancas verdosas, olor dulce, cimosas, de 1.4-2.2 cm de largo, de 3-7 flores, los pétalos de 4-5, unidos hasta la mitad de la corola, ovados, redondeados, ligeramente recurvados de superficie exterior glandular-estrigulosa a velutina, la superficie interna glabra hasta puberulenta, puede ser carnosa o estrigulosa con pelos brillantes, estambres de 12-16 en 2 series. Flores femeninas blanco cremoso, de olor dulce; cimosas, de 2 cm de largo, de 1-3 flores; la superficie exterior glabra a estrigulosa, la superficie interna glabra, los pétalos unidos hasta la mitad de la corola, ovados, redondeados, recurvados; estaminodios 4-10, en una serie, hasta 0.4 cm de largo, glabros; ovario 6-12 locular, globoso, hasta 0.8 cm de largo, glandular-

pubescente, con pelos adpresos, la placentación axial, los óvulos de 6-12, péndulos, linear-oblongos, de 0.3 cm de largo, el estilo corto y grueso, dividido de 2-5 ramas cerca del ápice de 0.1 cm de largo, cada estigma irregularmente dividido (Conabio, 2006). El fruto es una baya solitaria, verde, negruzca al secar, de olor y sabor dulces, semigloboso a globoso, de 2.8-5 cm de diámetro, 6-12 locular, de superficie brillante, a veces con manchas verdes, glauca cuando inmadura, glabra a estrigulosa, los pelos más abundantes en el ápice, a veces pulverulento, el exocarpio delgado y duro al secar, el mesocarpio negro, muy abundante y dulce, endocarpio muy delgado. Tiene de 6-10 semillas por fruto, depresso-oblongas de 1.0-2.7 cm de largo por 0.5-1.7 cm de ancho (fig. 80) (Conabio, 2006).

Distribución

Selvas altas perennifolias y subperennifolias, selvas bajas caducifolias y en la vegetación secundaria derivada de estos tipos de vegetación. Florece de marzo a junio, desde el nivel del mar hasta 810 m (Conabio, 2006).

Usos

El fruto es comestible y rico en Ca y vitamina C. Se usa para fabricar mangos. En medicina tradicional el fruto machacado se emplea contra la sarna o la tiña y como laxante ligero (Conabio, 2006).

Germinación

Remojar en agua 24 horas. Tarda 30 días en germinar (Conabio, 2006).



Fig. 80. Semillas de *Diospyros digyna* (Proaft, 2006).

Gliricidia sepium (Jacq.) Steud

Taxonomía

Gliricidia sepium (Jacq.) Steud. ex Walp. (1842), publicado en *Repertorium Botanices Systematicae*, vol. 1, núm. 4: 679, 1842.

Nomenclatura

Familia: Leguminosas. Género: *Gliricidia*. Especie: *sepium*

Sinonimia

Gliricidia maculata (Kunth) Walp, *Robinia sepium* Jacq., *Robinia maculata* Kunth, *Robinia sepium* Jacq., *Robinia variegata* Schltld., *Robinia hispida* L., *Gliricidia lambii* Fernald, *Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Griseb., *Gliricidia maculata* (Kunth) Walp., *Gliricidia maculata* var. *multijuga* Micheli ex Donn. Sm., *Lonchocarpus maculatus* (Kunth) DC., *Millettia luzonensis* A. Gray (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Cacahuanano (Rep. Mex.); Cocuite (Oax.); Cacahuiananche (Mich., Gro., Sin., Nay.); Cocoite, Chanté, Mata ratón, Yaité (Chis.); Cocomuite; Cocuitle, Muiti (Ver.); Cuchunuc (l. zoque, Chis.); Frijolillo (Mex.); Guie-niiza, Yaga-le (l. zapoteca, Oax.); Muites; Mata rata (Gro.); Sayab, Sayauiab, Sakyab (Yuc.); Tunduti (l. mixteca, Oax.); Ujcum (l. tzeltal, Chis.); Xab-yaab (l. maya, Yuc.); Jelelte (l. huasteca, S.L.P.); Flor de san José, Palo de corral (S.L.P.) (Conabio, 2006).

Descripción botánica

Árbol o arbusto caducifolio hermafrodita de 2 a 15 m (hasta 20 m) de altura, con un dap entre 25 y 60 cm, con copa irregular y amplia. Hojas compuestas, alternas e imparipinnadas de 12- 30 cm de largo. Compuestas de 7-25 folíolos opuestos de 3-8 cm de largo por 2-4 cm de ancho, ovalados a elípticos. Tronco un poco torcido. Ramas ascendentes y luego horizontales. La forma del árbol es variable (fig. 81). La corteza externa es escamosa a fisurada, pardo amarillenta a pardo grisácea y la interna es crema amarillenta, fibrosa, con olor y sabor a rábano. Grosor total es de 8 a 10 mm. Las flores rosadas en racimos de 10 a 20 cm de largo, en las axilas de las hojas caídas. Cada racimo tiene de 15 a 50 flores de 2 a 3 cm de largo perfumadas. Corola en forma de mariposa. Los frutos son vainas lineares y dehiscentes a lo largo de 2 suturas, aplanadas, de 10 a 20 cm de largo y de 1 a 3 cm de ancho, agudas, péndulas, con nervadura fina, verde limón o pardo claras cuando nuevas y oscuras al madurar. Vainas con 3 a 10 semillas pardo amarillentas, de 7.9-18 mm de largo por 12-15 mm de ancho, casi redondas, aplanadas, de superficie lisa. El hilo es blanquizco, protuberante y contiguo al micrópilo. La testa es dura y ósea (Conabio, 2006). Florece de febrero a abril y fructifica de marzo a junio (Benítez *et al.*, 2004).

Distribución

Vertiente del Golfo desde Tamaulipas, San Luis Potosí, norte de Puebla y Veracruz hasta Yucatán, y desde Sinaloa hasta Chiapas en la vertiente del Pacífico (Conabio, 2006).

Usos

Artesanías, esculturas, artículos torneados. Produce leña de excelente calidad. Las flores se comen hervidas, fritas o en conserva pero contienen sustancias tóxicas. Se emplea para la construcción rural y pesada, como forraje para ganado pero es venenoso para perros, caballos y ratas (Conabio, 2006). Se utiliza para elaborar implementos de trabajo, agrícolas y mangos para herramientas, ceras e insecticidas; durmientes, muebles, pisos, lambrín, duela, acabados de interiores, hormas para zapatos, ebanistería, partes de embarcaciones, crucetas, pilotes para mina, traviesas y postes. En medicina tradicional las hojas y corteza en forma de emplastos se utilizan como remedio para granos y sarampión, antipirético, antiséptico, fluidificante, dolor de cabeza, fiebre. Las flores son melíferas. El tronco sirve para estacas vivas y como tutor para la vainilla (Conabio, 2006).

Germinación

Escarificación mecánica con lija o lima, tarda 43 días en germinar y tiene un éxito de 81-99% (Conabio, 2006). Con semillas recién colectadas la germinación se da en menos de una semana.



Fig. 81. Árbol de *Gliricidia sepium* (Proaft, 2006).

Guarea glabra Vahl

Taxonomía

Guarea glabra Vahl, publicado en *Vahl. Eclog. Am.*, núm. 3: 8, 1807; C. De Candolle en A. & C de Candolle, *Monograph. Phan.*, núm. 1: 563, 1878.

Nomenclatura

Familia: Meliaceae. Género: *Guarea*. Especie: *glabra*.

Sinonimia

Guarea excelsa Kunth (Pennington y Sarukhán, 1998).

Nombres comunes

Cedrillo, teta de perro, garrochilla, palo bejuco (Semarnat, 2006).

Descripción botánica

Árbol dioico de hasta 30 m de alto y de hasta 50 cm de diámetro con copa irregular y tronco derecho, con contrafuertes pequeños. La corteza externa es ampliamente fisurada y ligeramente escamosa de color pardo amarillento, internamente de color crema rosado, fibrosa, fragante, de sabor resinoso; grosor total de la corteza de 12 a 14 mm (Pennington y Sarukhán, 1998). Con ramas ascendentes, de jóvenes verdes a pardo grisáceas, pubescentes en las partes jóvenes, glabras con la edad; con lenticelas pálidas, a veces grandes; hojas, yemas de 5 mm, agudas, densamente pubescentes; estípulas ausentes (Semarnat; 2006). Hojas dispuestas en espiral, paripinnadas, de crecimiento indeterminado, por lo general de 3 a 50 cm de largo incluyendo el pecíolo y compuestas de 1 a 8 pares de folíolos opuestos, con una yema torcida entre el último par de folíolos, de 5 x 2.5 a 17 x 5 cm, estrechamente elípticos u oblanceolados, con el margen entero y el ápice acuminado o agudo, base aguda o cuneada, a veces asimétrica; verde oscuras o grisáceas y opacas en el haz, verde pálidas en el envés, glabras en ambas superficies con manojos de pelos en axilas de la nervadura central en el envés; raquis finamente pubescente o glabro, pulvinado; peciólulos de 2 a 6 mm de largo, pubescentes o glabros (Pennington y Sarukhán, 1998). Flores masculinas en pedicelos de 2 a 8 mm de largo, actinomorfas; cáliz verdoso de 0.5 a 1 cm de largo, cortamente cupular, con 4 dienteillos, pubescente en la superficie externa; pétalos crema verdosos de 4 a 4.5 mm de largo, oblongos, ápice redondeado, valvados, pubescentes en la superficie externa; estambres de 7 a 8, filamentos completamente unidos en un tubo blanco, de 2.5 a 3.5 mm de largo, con el ápice lobado, finamente pubescente en la superficie externa; anteras pardas, sésiles, insertas en el cuello del tubo y ligeramente exsertas; ovario sentado sobre un estípite grueso, 4-locular, lóculos uniovulares, ovoide, glabro, estilo

grueso, que iguala en largo a los estambres y termina en un estigma truncado. Flores femeninas iguales a las masculinas pero con las anteras sin polen y el ovario hinchado (Pennington y Sarukhán, 1988). Los frutos son cápsulas de 2 a 4 valvadas, de 1.5 a 2 cm de diámetro, globosos, glabros, pardos, de 2 a 4 semillas de 1 cm de largo (fig. 82).

Distribución

En selvas altas perennifolias y medianas subperennifolias y subcaducifolias en suelos derivados de margas calizas muy antiguas o derivadas de materiales ígneos o metamórficos. En bosques mesófilos de montaña. Florece casi todo el año. Se encuentra en los 230 y los 2 250 msnm (Semarnat, 2006), y en la vertiente del Golfo desde el norte de Puebla y Veracruz hasta el sur de Tabasco y el norte de Chiapas; en la vertiente del Pacífico desde Nayarit y Durango hasta Chiapas, incluyendo las partes más húmedas de la cuenca del río Balsas (Pennington y Sarukhán, 1998).

Usos

La madera se utiliza para la elaboración de viviendas locales (Pennington y Sarukhán, 1998).

Germinación

Remojar en agua 24 horas. Germina entre los 65-70 días con posibilidades de éxito de 80-82% (Flores, 2003).



Fig. 82. Semillas de *Guarea glabra* (Proaft, 2006).

Guazuma ulmifolia Lam.

Taxonomía

Guazuma ulmifolia Lam., publicado en *Encyclopédie Méthodique Botanique*, núm. 3: 52, 1789.

Nomenclatura

Familia: Sterculiaceae. Género: *Guazuma*. Especie: *ulmifolia*

Sinonimia

Theobroma guazuma L., *Guazuma guazuma* (L.) Cockerell., *Bubroma guazuma* (L.) Willd., *Bubroma invira* Willd., *Bubroma polybotryum* (Cav.) Willd., *Bubroma tomentosum* (Kunth) Spreng., *Guazuma guazuma* var. *tomentosa* (Kunth) Kuntze, *Guazuma ulmifolia* var. *glabra* K. Schum., *Guazuma ulmifolia* var. *tomentosa* (Kunth) K. Schum., *Guazuma ulmifolia* var. *velutina* K. Schum., *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum., *Theobroma tomentosa* (Kunth) M. Gómez, *Guazuma polybotra* Cav., *Guazuma tomentosa* Kunth, *Guazuma guazuma* var. *ulmifolia* (Lam.) Kuntze, (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Aquiche, Majagua de toro, Tablote (República Mexicana); Acashti (l. totonaca, Ver.); Ajillá (Sin.); Ajiyá (l. guarigía, Son.); Kabal-pixoy, Pixoy (l. maya, Yuc.); Cuahulote (Oax., Mor., Gro., Chis.); Cuaulote (Gro.); Guácima, Guázumo, Guázuma (Sin.); Nocuana-yana, Ya-ana (l. zapoteca, Oax.); Palote negro, Parandesicua, Uácima (Mich.); Tzuny, Tzuyui (Chis.); Uiguie (l. popoluca, Ver.); Yaco granadillo, Yaco de venado, Caolote (Oax.); Zam-mi (l. chontal, Oax.); Aquich (l. huasteca, S.L.P.); Ajya (l. mayo, Son.); Guácima, guacimo, Cuaulote, caulote (Gro., Oax.); majagua de toro, yaco granadillo, yaco de venado (Oax.); ya-ana, nocuana-yana (zapoteco, Oax.); zam-mi (chontal, Oax.); palote negro (Mich.); parandesicua (tarasco, Mich.); tapaculo (Oax.) (Conafor, 2006).

Descripción botánica

Árbol caducifolio de 10 a 15 m de altura y dap de hasta 70 cm, normalmente de menor talla con copa dispersa. Tronco derecho que a veces produce chupones, frecuentemente ramificado desde la base. La corteza externa está ligeramente fisurada en pequeños pedazos, es de color pardo grisácea, la interna de color amarillento que cambia a pardo rojizo o rosado, fibrosa, dulce a ligeramente astringente. Grosor total de la corteza de 5 a 10 mm (Conafor, 2006; Semarnat, 2006). Madera de color crema amarillento, vasos grandes y rayos delgados conspicuos. Las ramas jóvenes son verdes a pardo verdosas, con abundantes pelos estrellados especialmente en las partes más jóvenes. Yemas irregulares de hasta 5 mm de largo, rodeadas por varias

estípulas agudas, más cortas que las yemas, pardas. Dos estípulas de hasta 5 mm de largo, agudas, a veces persistentes. Hojas alternas, simples (fig. 83) con el margen aserrado, ápice agudo o acuminado, base truncada a cordada, a veces muy asimétrica, de color verde oscuro en el haz y verde grisáceo o amarillento en el envés; nervios entre 3 y 5 que salen desde la base; rasposas en el haz y sedosas en el envés; pecíolos entre 5 y 15 mm de largo, con un engrosamiento en la mitad superior (Conafor, 2006; Semarnat, 2006). Flores en panículas de 2 a 5 cm de largo, estrellado-pubescentes; pedicelos de 2 a 4 mm de largo; flores con olor dulce, actinomorfas, de 5 mm de diámetro; de 2 a 3 sépalos verdosos, de 2 a 3 mm de largo o desiguales, elípticos, reflejos, densamente estrellado-pubescentes en la superficie externa; 5 pétalos de color crema, de 3 a 4 mm de largo, anchamente elípticos, cumulados, hirsutos en la superficie externa, terminados en un apéndice con dos ramas lineares torcidas; tubo estaminal rojo de 2 a 2.5 mm de largo, terminado en 5 pequeñas ramas con 3 estambres blancos cada una, los manojos de estambres alternados con un apéndice agudo; ovario súpero, 5-locular, lóculos multiovulares, estrellado-pubescente (Conafor, 2006; Semarnat, 2006). Los frutos son una cápsula de 3 a 4 cm de largo, en infrutescencias de hasta 10 cm, ovoide, 5-valvada, que se abre tardíamente, con numerosas protuberancias cónicas en la superficie, moreno oscura a negra cuando está totalmente madura, de olor y sabor dulce; contiene numerosas semillas de 2 a 2.5 mm de largo, redondeadas, pardas; maduran casi todo el año, pero especialmente de septiembre a abril y permanecen durante largo tiempo en el árbol. Florece casi todo el año aproximadamente de abril a octubre, fructifica casi todo el año, especialmente de septiembre a abril. Su dispersión es por aves y mamíferos incluyendo el ganado y posiblemente caballos (Conafor, 2006; Semarnat, 2006).

Distribución

Es encontrada en el Caribe, México, América Central, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia, Paraguay, Argentina y Brasil. Ha sido cultivada en la India aproximadamente por 100 años (Conafor, 2006; Semarnat, 2006).

Usos

Con la madera se elaboran varas de sostén para el respaldo de equipales en Jalisco. Su principal producto es la madera que se utiliza para leña y carbón. Las semillas molidas se emplean en algunos lugares para elaborar bebidas refrescantes. Con su madera se hacen postes, construcciones rurales, cajas, partes de molinos, muebles y gabinetes, toneles, etc. Se recomienda para la fabricación de pisos, lambrín, marcos para puertas y ventanas, artículos torneados y decorativos (Conafor, 2006). Se emplea para la fabricación de culatas para armas de fuego, aros, pequeñas embarcaciones, hormas para zapatos, instrumentos musicales, mangos para herramientas e implementos agrícolas (Conafor, 2006). El jugo que mana del tronco se utiliza en

algunos casos para clarificar la miel en la fabricación del azúcar. Los frutos tiernos macerados en agua sueltan una sustancia mucilaginosa que se usa para clarificar jarabes. Se fabrican jabones. La infusión que se obtiene del cocimiento de la corteza se utiliza en medicina casera como remedio para la lepra, elefantiasis, paludismo, afecciones cutáneas y sifilíticas; también como remedio contra la diarrea y el dolor de matriz, para lo cual se debe tomar una infusión de la cáscara del fruto o de la corteza. Es también diurético y astringente (Vallejo y Oviedo, 1994). En ciertas regiones se cultiva como árbol de sombra y ornato. La corteza fibrosa se emplea localmente en la manufactura de cuerdas. En áreas secas a través de su rango nativo es una importante fuente de forraje para el ganado, particularmente al final de la estación seca cuando los pastos son escasos. Las semillas son comestibles, frescas o cocidas. La corteza dura y fibrosa y los tallos jóvenes son usados para hacer cuerdas y cordeles. Las abejas utilizan el néctar de sus flores (Little y Wadsworth, 1964). En la apicultura su néctar es valioso para la producción de miel de alta calidad. Se emplea en rituales (Conafor, 2006; Semarnat, 2006).

Germinación

No disponible.



Fig. 83. Hojas de *Guazuma ulmifolia* (Proaft, 2006).

Inga vera Willd.

Taxonomía

Inga vera Willd. (1806), publicado en *Species Plantarum*. Editio quarta vol. 4, núm. 2: 1010-1011, 1806.

Nomenclatura

Familia: Leguminosas. Género: *Inga*. Especie: *vera*

Sinonimia

Inga spuria Humb. & Bonpl. ex Willd., *Feuilleea spuria* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kuntze, *Inga vera* Kunth, *Mimosa inga* L., *Inga vera* subsp. *spuria* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Jorge León, *Inga berteriana* D.C., *Inga fissicalyx* Pittier, *Mimosa spuria* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Poir. (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Acontope, Jacanicuil, Jinicuile, Agotope (Oax.); Amayani (l. chinanteca, Oax.); Chalahuite (Hgo., Pue., Ver., Qro.); Cola de zorro (Tamps.), Iqui (l. zoque); Pk-tá-tsk (l. popoluca) (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Descripción botánica

Árbol perennifolio o caducifolio hermafrodita de 5 a 12 m (hasta 20 m) de altura (fig. 84), con un dap de 30 cm (en ocasiones hasta de 1 m), con copa aplanada, amplia, muy extendida con follaje ralo. Hojas alternas, pinnadas y vellosas de 18 a 30 cm de largo, arregladas en 2 hileras divergentes, raquis alado, margen liso, con ambas superficies ligeramente vellosas (fig. 85). Tronco recto. Ramas largas. Corteza externa de color pardo, más o menos lisa con algunos surcos finos; interna de color rosado a castaño y ligeramente amarga. Flores blancas en racimos laterales (espigas) solos o en pares y en la axila de la hoja, compuestos de varias flores grandes, blancuzcas, con estambres largos en forma de hilos. Las flores se tornan amarillo verdosas a las pocas horas de abrir, florece durante casi todo el año a lo largo de su distribución natural (fig. 86) (Conafor, 2006). Los frutos son vainas peludas ligeramente curvas y de color castaño (fig. 87), de 10 a 15 cm de largo y de 1.3 a 1.5 cm de diámetro, casi cilíndricas, cuadrangulares y con 2 estrías anchas longitudinales, contienen una pulpa blanca con pocas semillas y no se abren al madurar. Fructifica durante todo el año aunque es más abundante al inicio de las lluvias (Conabio, 2006; Semarnat, 2006; Conafor, 2006). La plántula se observa en la figura 88.

Distribución

Especie ampliamente distribuida en la República Mexicana (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Usos

Es un combustible excelente. La madera es moderadamente pesada (peso específico 0.57). Se utiliza como leña y para hacer carbón. Comestible. Se emplea para la construcción rural. Valiosa por su madera pesada. Aprobada para su posible utilización en zapatas para el sistema del Metro. Postes, muebles rústicos, embalajes, carpintería en general. En medicina tradicional se utiliza para lavativas y baños antisépticos y el fruto como laxante y refrescante. Es melífera. Uso doméstico para la elaboración de vasijas (Conabio, 2006; Semarnat, 2006).

Germinación

Las semillas maduran y germinan dentro de la vaina y el porcentaje varía de 79% a 90% en las semillas frescas (Conafor, 2006).



Fig. 84. Árbol de *Inga vera* (Proaft, 2008).



Fig. 85. Hojas de *Inga vera* (Proaft, 2008).



Fig. 86. Flores de *Inga vera* (Proaft, 2004).



Fig. 87. Frutos de *Inga vera* (Proaft, 2009).

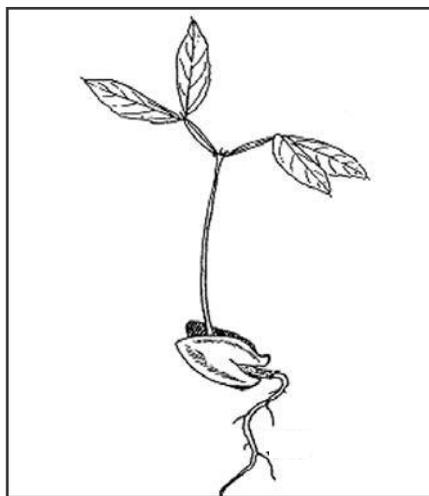


Fig. 88. Plántula de *Inga vera* (Duke, 1965).

Pachira aquatica Aubl.

Taxonomía

Pachira aquatica Aubl., publicado en *Hist. Pl. Guiane Francoise* núm. 2: 726, 1775.

Nomenclatura

Familia: Bombacaceae. Género: *Pachira*. Especie: *aquatica*

Sinonimia

Schum. *Bombax aquaticum* (Aubl) (Árboles ornamentales, 2006).

Nombres comunes

Ceibo de agua, Cacao silvestre, Castaño de agua (Árboles ornamentales, 2006).

Descripción botánica

Árbol perennifolio de hasta 20 m de altura en los trópicos aunque en cultivo no sobrepasa de 5-6 m de talla, con copa redonda y corteza lisa y oscura (fig. 89). Hojas alternas, palmaticompuestas, con 5-9 folíolos de elípticos a obovados, coriáceos de hasta 30 x 12 cm, con el ápice redondeado y apiculado. Flores muy vistosas con pétalos muy largos de color crema o amarillentos y numerosos estambres blancos cremosos (fig. 90). Flores grandes (30 cm) con cáliz verde, numerosos pétalos largos, estrechos y recurvados; estambres rojo amarillos prominentes y sedosos; pistilos tintados de rosa. La raíz es abultada cuando crece junto a ríos (fig. 91). El fruto es una cápsula de subglobosa a elipsoide de hasta 20-30 cm de longitud, de color pardo, con semillas redondeadas, comestibles (fig. 92). Su floración es muy perfumada a lo largo de todo el año aunque es efímera y fructifica entre febrero y agosto. Su multiplicación es en primavera por semillas (15-25 días para la germinación) o al final del verano por esqueje de talón (Árboles ornamentales, 2006).

Distribución

Zonas pantanosas de México y norte de Sudamérica (norte de Brasil, Ecuador, Guayana, Perú) (Árboles ornamentales, 2006).

Usos

Sus semillas son comestibles y las flores y las hojas jóvenes son como una verdura. Suele utilizarse como planta de interior en maceta pues su follaje es ornamental (Árboles ornamentales, 2006).

Germinación

Si las semillas tienen una pureza del 100% tardan 25 días en germinar con éxito de 52% (Ospina, 2003).

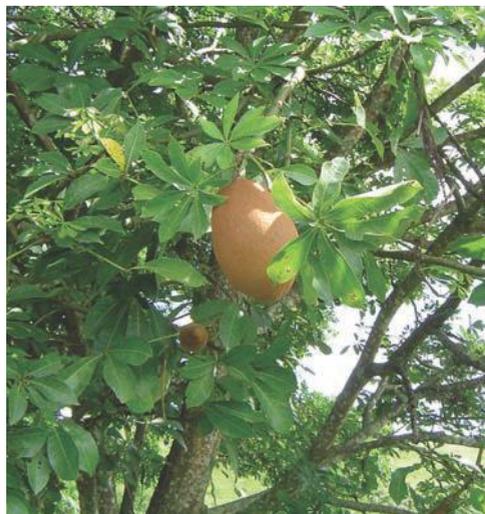


Fig. 89. Árbol de *Pachira aquatica*
(Proaft, 2006).



Fig. 90. Flores *Pachira aquatica*
(Proaft, 2006).



Fig. 91. Raíz de *Pachira aquatica*
(Proaft, 2006).



Fig. 92. Fruto y semillas de *Pachira aquatica*
(Proaft, 2006).

***Pimenta dioica* (L.) Merr.**

Taxonomía

Pimenta dioica (L.) Merr., publicado en *Contributions from the Gray Herbarium of Harvard University* núm. 165: 37, f. 1, 1947.

Nomenclatura

Familia: Myrtaceae. Género: *Pimenta*. Especie: *dioica*.

Sinonimia

Caryophyllus pimento Mill., *Eugenia divaricata* var. *ovalis* O. Berg, *Eugenia pimenta* (L.) DC., *Eugenia micrantha* Bertol. *Eugenia pimenta* var. *longifolia* (Sims) DC., *Pimenta officinalis* Lindl., *Pimenta officinalis* var. *longifolia* (Sims) O. Berg, *Myrtus pimenta* L., *Myrtus dioica* L., *Myrtus tabasco* Willd. ex Schltdl. & Cham., *Myrtus piperita* Sessé & Moc., *Pimenta vulgaris* Lindl., *Pimenta aromatica* Kostel., *Evanesca crassifolia* Raf., *Myrtus piperita* Sessé & Moc., *Pimenta dioica* var. *tabasco* (Willd. ex Schltdl. & Cham.) Standl (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Pimienta, Malagueta, Pimentón, Pimiento de Tabasco (República Mexicana); Dutedan (cuicatleca, Oax.); Pimienta de la tierra (Tab.); Patalolote (Oax.); Úcum, Úcun, Úcum (totonaca, región El Tajín, Ver.); Xococóchitl (náhuatl) (Conabio, 2006).

Descripción botánica

Árbol perennifolio de 6-10 m (hasta 30 m) de altura con un dap de 20-50 cm con copa redondeada o irregular, densa y tronco derecho, ligeramente acanalado. La corteza externa lisa desprendiéndose en escamas muy delgadas y alargadas, pardo verdosa o amarillenta con manchas moreno rojizas (fig. 93), la interna crema amarillenta o rosada, quebradiza, de sabor amargo y olor muy fragante. Grosor total de 4-6 mm. Ramas ascendentes, con hojas simples, opuestas, decusadas; lámina de 4 a 16 cm de largo por 2 a 6 cm de ancho, elíptica, margen entero; haz oscuro, brillante, glabro, envés pálido, con numerosos puntos glandulosos. Al estrujarlas emanan un olor a pimienta (fig. 94). Flores en panículas axilares de 6 a 12 cm de largo, con las ramas cimosas, finamente pubescentes; pedicelos de 1 a 5 mm o flores sésiles; flores actinomorfas, fragantes de 6 mm de diámetro; cáliz verde y pétalos blancos. Los frutos son bayas negras de 10 por 5 mm, aplanadas en el ápice, verrucosas, con el cáliz persistente. El fruto es de fuerte olor fragante y tiene 1-2 semillas pequeñas de 5-6 mm de largo por 4.8-5.6 mm de ancho y 2.3-3 mm de grueso, verdosas y esféricas a hemiesféricas. Semilla oscura a café rojizo, tiene 4.85% de aceites esenciales (fig. 95). Florece de marzo a mayo (junio) y fructifica de junio a octubre (diciembre) (Conabio, 2006).

Distribución

Vertiente del Golfo desde el norte de Puebla y Veracruz hasta el sur de la Península de Yucatán y planicie costera del sureste. Altitud de 0-500 (700) m. La pimienta de mejor calidad crece por debajo de los 300 m (Conabio, 2006).

Usos

El fruto y la semilla contienen un aceite esencial que se usa como agente aromatizante. Produce de 3-4.5% de aceite esencial. Sus hojas se utilizan para té y el fruto aromático como condimento alimenticio. Como su sabor combina con la canela, el clavo y la nuez moscada se le llama *Allspice*. Se usa para encurtidos, salsas y carnes (Benítez *et al.*, 2004). Se emplea en construcción rural. Las hojas se utilizan para cosméticos, esencias, perfumes eugenol y vainillina. La madera para implementos agrícolas y mangos de herramientas e insecticida contra el gorgojo común del maíz (Conabio, 2006). Su uso medicinal está indicado para el pasmo, ventazón, acelera el parto, náuseas, vómito, dolor de estómago, disentería y diarrea y el aceite de la semilla como estimulante, tónico, antiséptico y carminativo. Las hojas una vez destiladas se usan como estomáquico contra dolores reumáticos (desinflamante) y contusiones, son también antidiabéticas, febrífugas y espasmolíticas (Conabio, 2006).

Germinación

No requiere escarificación (Conabio, 2006), tarda 10 días en germinar con éxito de 70% (Benítez *et al.*, 2004).

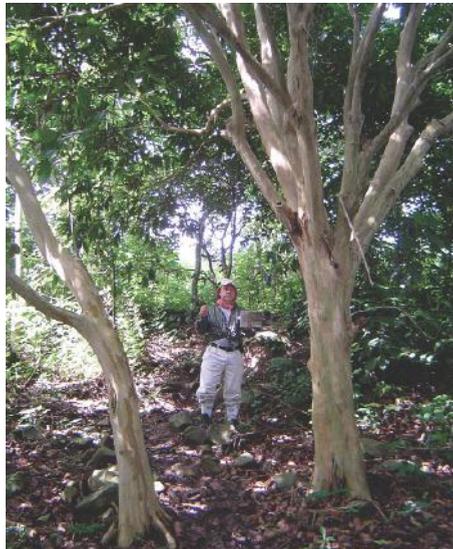


Fig. 93. Tronco de *Pimenta dioica* (Proaft, 2006).



Fig. 94. Hojas de *Pimenta dioica* (Proaft, 2006).



Fig. 95. Frutos de *Pimenta dioica* (Proaft, 2006).

Pleuranthodendron lindenii (Turcz.)

Taxonomía

Pleuranthodendron lindenii (Turcz.) Sleumer, publicado en *Blumea*, núm. 24: 118, 1978. {Blumea; BPH 200.15}. México. Chiapas, Zulusuchiapa., Linden 1639 (HT: CW, n v; IT: G, K, P) *Basionym*: *Pineda lindenii* Turcz. *Pleuranthodendron* L. O. Williams Fieldiana, *Botany*, vol. 29, núm. 6: 365, 1961.

Nomenclatura

Familia: Tiliaceae. Género: *Pleuranthodendron*. Especie: *lindenii*

Sinonimia

Banara leucothyrsa (Sleumer) J. F. Macbr., *Banara mexicana* A. Gray, *Hasseltia mexicana* (A. Gray) Standl., *Hasseltia pyramidalis* Hemsl., *Hasseltia quinquenervia* Standl. & L.O. Williams, *Hasseltiopsis mucronata* Cuatrec., *Pineda lindenii* Turcz., *Pleuranthodendron mexicanum* (A. Gray.) L. O. Williams, *Hasseltia lindenii* Turcz (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Golondrina (Oax.); pochitaquillo (Oax., Ver.); polocaste, palo de maíz (S.L.P.); maicillo (Pue.); cachóngora, catarrita (Ver.) (Pennington y Sarukhán, 1998).

Descripción botánica

Árbol perennifolio de hasta 15 m de alto y dap de 20 cm. Con copa densa y copiosa. Fuste irregular con corteza externa pardo grisácea que se descama en pequeñas piezas irregulares que descubren una superficie parda e interna de color crema rosado pálido, el grosor total de la corteza es de 2 a 3 mm, con olor a cacahuete. Tiene ramas dispersas que de jóvenes son morenas, lisas, de sección redonda con algunas lenticelas pálidas, glabras o con escasos pelos diminutos (fig. 96). Yemas de 2 a 3 mm de largo, desnudas, con pelos diminutos y estípulas ausentes. Hojas dispuestas en espiral, simples, láminas de 6.5 x 3 a 12 x 4.6 cm, elípticas u obovadas, con el borde aserrado, ápice cortamente acuminado, base aguda o cuneada, verde oscuro en el haz, más pálida en el envés, con tres nervios prominentes en la superficie superior a la inserción de la lámina, ligeramente pulvinados en la base y en el ápice (fig. 97). Flores dispuestas en panículas terminales piramidales de 8 a 12 cm de largo, finamente pubescentes, con diminutos pelos pálidos, pedicelos de 4.5 mm de largo, flores actinomorfas de 8 mm de diámetro; sépalos de 5 mm de largo, de color blanco cremoso, estrechamente elípticos a oblongos, con pubescencia densa y larga de color blanco cremoso; estambres numerosos. Florece en abril. Los frutos son bayas globosas de 8 mm de diámetro con el estilo permanente, con escasa

pubescencia y pequeños pelos de color crema rosado y contienen una sola semilla redonda de 5 a 6 mm de diámetro, carnosa y verde, con olor a cacahuete (fig. 98) y fructifican en septiembre (Pennington y Sarukhán, 1998; Rzedowski, 1996).

Distribución

Desde la zona de las huastecas de San Luis Potosí, Puebla y Veracruz, hasta el sur de Veracruz en la región de Los Tuxtlas, en Oaxaca en los Chimalapas y en la selva Lacandona, Chiapas (Pennington y Sarukhán, 1998).

Usos

Se desconocen los usos de esta especie (Pennington y Sarukhán, 1998).

Germinación

No disponible.



Fig. 96. Plántula de *Pleuranthodendron lindenii* (Proaft, 2008).



Fig. 97. Hojas de *Pleuranthodendron lindenii* (Proaft, 2008).



Fig. 98. Semillas de *Pleuranthodendron lindenii* (Proaft, 2004).

Salix bonplandiana Kunth

Taxonomía

Salix bonplandiana Kunth (1817), publicado en *Nova Genera et Species Plantarum*, núm. 2: 20, pl. 101, 1817.

Nomenclatura

Familia: Salicaceae. Género: *Salix*. Especie: *bonplandiana*

Sinonimia

No disponible.

Nombres comunes

Sauce (Rep. Mex.); Aguejote, Ahuejote, Huejote (Valle de México) (Semarnat, 2006; Conabio, 2006).

Descripción botánica

Árbol monoico perennifolio o caducifolio de 6 a 10 m (hasta 15 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de hasta 80 cm (fig. 99). La forma cultivada tiene copa columnar estrecha y proporciona una sombra escasa. Hojas simples, alternas, linear-lanceoladas a oblongas, glabras de 6 a 15 cm de largo por 1 a 3 cm de ancho, margen finamente serrulado; verdes en el haz, glaucas en el envés. Ramas abundantes, delgadas, ascendentes, glabras. Corteza café oscuro a negruzco, rugosa, fisurada en bordes escamosos, aplanados, irregulares. Inflorescencias apareciendo con las hojas emergentes, florece casi todo el año (Benítez *et al.*, 2004). El fruto es una cápsula corta de color pardo amarillento o rojizo claro de 6 mm de largo, sobre un pedicelo de 1 mm de largo (fig. 100); semillas de 1 mm de largo numerosas con mucho vello y fructifica casi todo el año (fig. 101) (Semarnat, 2006; Conabio, 2006).

Distribución

Son árboles típicos del paisaje lacustre del sureste de la Ciudad de México. Se distribuye en Sonora, Chihuahua y de Coahuila a Oaxaca. Altitud: 1 200 a 2 500 msnm (Semarnat, 2006; Conabio, 2006).

Usos

Las ramillas son utilizadas en cestería. La madera se usa para construir graneros eficaces contra plagas, para mojoneras naturales y sujetadores de bordes desde la época prehispánica. Forrajero. Por su talla es una especie que puede ser de uso maderable (Semarnat, 2006; Conabio, 2006). En medicina tradicional se le atribuyen

propiedades como febrífugas, sedante, cauterizante y antirreumático (Argueta, 1994 en Benítez *et al.*, 2004).

Germinación

No disponible.

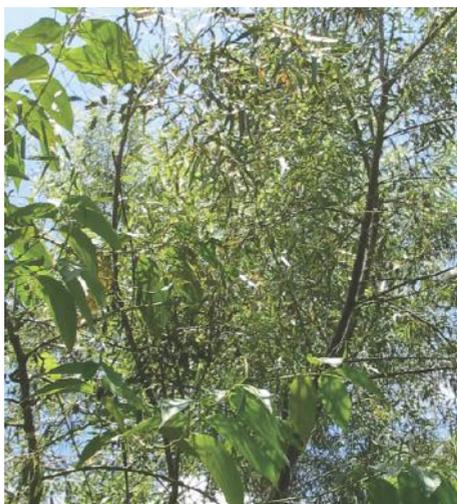


Fig. 99. Árbol de *Salix bonplandiana* (Proaft, 2006).



Fig. 100. Fruto y semillas de *Salix bonplandiana* (Proaft, 2006).



Fig. 101. Semillas de *Salix bonplandiana* (Proaft, 2006).

Spondias mombin L.

Taxonomía

Spondias mombin L.

Nomenclatura

Familia: Anacardiaceae. Género: *Spondias*. Especie: *mombin*

Sinonimia

Spondias lutea L, *Spondias lutea* var. *glabra* Engl., *Spondias radlkoferi* Donn. Sm., *Spondias nigrescens* Pittier, *Spondias graveolens* Macfad., *Spondias venulosa* (Engl.) Engl (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Jobo, ciruelo de monte (Benítez *et al.*, 2004).

Descripción botánica

Árbol dioico de hasta 40 m de alto y 90 cm de diámetro, pierde sus hojas, generalmente de marzo a mayo; tronco erguido y copa redondeada. Corteza fisurada, pardo grisácea, con abundante exudado blanco, rosado o anaranjado al corte; hojas arregladas en espiral, aglomeradas en las puntas de las ramas, compuestas de hojillas anchas de hasta de 15 cm de largo (fig. 102). Flores diminutas aromáticas presentes de abril a junio, frutos de 3 a 4 cm de largo, verdes a anaranjados en racimos colgantes de hasta 30 cm de largo, pulpa acuosa y fructifican de julio a diciembre (Benítez *et al.*, 2004).

Distribución

Nativo de América tropical, se encuentra en todas las zonas cálido húmedas de México, desde el nivel del mar hasta 1 800 m de altitud, aunque hoy en día es difícil encontrarlo de forma natural por la deforestación (Benítez *et al.*, 2004).

Usos

Se emplea en cercas vivas. El látex se usa localmente como pegamento. Su madera con densidad media es suave y fácil de secar y aserrar, se emplea para construcciones rurales, cajas de embalaje, mangos para herramientas, utensilios agrícolas, componentes de muebles. También sirve para el tratamiento de diversas afecciones digestivas y es de amplio espectro antibacteriano. El fruto es apreciado como alimento fresco y para elaborar helados, vinos y licores; en algunas localidades los frutos inmaduros (en exceso pueden ser tóxicos) se preparan en salmuera con chile (Benítez *et al.*, 2004).

Germinación
No disponible.



Fig. 102. Hojas de *Spondias mombin* L. (Proaft, 2006).

Spondias purpurea L.

Taxonomía

Spondias purpurea L. (1762), publicado en *Species Plantarum*, edition 2: 613, 1762.

Nomenclatura

Familia: Anacardiaceae. Género: *Spondias*. Especie: *purpurea*

Sinonimia

Spondias cirouella Tussac; *S. cytherea* Sonn.; *S. macrocarpa* Engl.; *S. mombin* L.; *S. purpurea* fo. *lutea* (Macfadyen) Fawcett & Rendle; *Warmingia macrocarpa* Engl (Conabio, 2006).

Nombres comunes (Conabio, 2006)

Ciruelo, Ciruela, Ciruela colorada, Abal (Rep. Mex.); Chatsutsocoscatan, Tsusocostata, Smucuco-scatan (l. totonaca, Ver.); Ciruela Campechana (Ver., Chis., Yuc.); Huitzó (l. zoque, Chis.); Jocote (Oax., Tab., Chis.); Jondura, Poon (Chis.); Biaxhi, Biagi, Biadxi, Yaga-piache (l. zapoteca); Atoyaxócotl, Mazaxocotl (l. náhuatl antigua); Chak-abal, Ixhouen, Chi-abal, Kosumil muluch-abal (l. maya, Yuc.); Ciruelo de San Juan (Yuc.); Cuaripá (l. huichol, Jal.); Shuiutipi'chic (l. popoluca, Ver.); Mauí (l. chinanteca, Oax.); Schizá, El Shimalo-schindzá (l. chonatl, Oax.); Cundaria, Tuñ (Oax.); Tuxpana (Tab.); Cupú (l. tarasca); Ciruelo cimarrón (Ver.); Ten (l. huasteca, S.L.P.).

Descripción botánica (Conabio, 2006; Conafor, 2006)

Árbol o arbusto caducifolio de 3 a 8 m (hasta 15 m) de altura, con un dap de hasta 80 cm, hermafrodita, polígamo. Copa muy extendida. Hojas alternas, pinnadas de color verde amarillento, de 10-20 cm de largo, de 9-25 folíolos elípticos de 1.9-4 cm de largo, con borde ligeramente ondulado. Su tronco es corto y se ramifica desde 1 m de altura. Ramas gruesas, retorcidas y frágiles o quebradizas. Corteza externa rugosa, muy ornamentada y con aspecto variable, gris plomo a moreno verdoso, a veces con fisuras irregulares y protuberancias con textura de corcho que se confunden con espinas o costillas. Flores en panículas finamente vellosas con pocas flores. Las flores son pequeñas y rojas o rosadas de 0.6 cm de diámetro; cáliz diminuto con 5 lóbulos y 5 pétalos. Florece de febrero a mayo. El fruto es una drupa, roja purpúrea o amarilla, ovoide, de 3 cm de largo por 1.5 de ancho, pulpa amarilla, jugosa y agridulce, con un hueso de 0.50-0.75 cm de largo, grande, fibroso por fuera; contiene de 1-5 semillas aplanadas de 12 mm de largo. Fructifica de mayo a julio.

Distribución

Amplia distribución principalmente en la vertiente del Pacífico y la mitad sur de México, desde Sonora hasta Oaxaca, Chiapas y Yucatán. Altitud: 0 a 1 000 m (Conabio, 2006).

Usos

La resina se utiliza para pegamentos y gomas. Los frutos frescos se comen maduros o crudos, deshidratados, curtidos en alcohol o salmuera y con ellos se hacen bebidas refrescantes y vinagre, así como gelatina y jalea. Los frutos inmaduros se adicionan a los frijoles y se usan para atole, tartas y salsa. Se industrializa como ciruela pasa con y sin sal, ciruela negra dulce y ciruela cristalina dulce. Los brotes jóvenes y hojas se consumen crudos o cocinados como verduras; también sirve para alimentar ganado y cebar cerdos. La mayor proporción de materia seca comestible se produce los primeros 90 días después de la poda inicial debido a lo tierno de los rebrotes en ese momento. Después de 150 días de la poda inicial, la proporción de materia seca comestible disminuye por la lignificación de la biomasa, ocasionando una baja digestibilidad. La madera es ligera y blanda y en Brasil se ha encontrado que es adecuada para la fabricación de papel. El extracto de las hojas y corteza es utilizado como febrífugo. El extracto de la corteza cocida se usa contra la roña, la disentería y la flatulencia infantil. El extracto del fruto se emplea para sanar inflamaciones y el jarabe para la diarrea crónica. La resina se mezcla con jugo de piña o guanábana para tratar la ictericia, las infecciones de encías, el salpullido, el sarampión, es antipirético, las enfermedades del intestino, de la vejiga y como remedio contra la sarna. Con el fruto se puede tratar la pus en la orina, es diurético y antiespasmódico (machacado con alcohol). Es melífera. Las cenizas de la madera se utilizan en la fabricación de jabón (Conabio, 2006).

Germinación

No disponible.

Swietenia macrophylla King

Taxonomía

Swietenia macrophylla King (1886), publicado en *Icones Plantarum Indiae Orientalis* vol. 3, núm. 6: pl. 1550, 1886.

Nomenclatura

Familia: Meliaceae. Género: *Swietenia*. Especie: *macrophylla*.

Sinonimia

Swietenia candollei Pittier, *Swietenia tessmannii* Harms, *Swietenia krukovii* Gleason, *Swietenia belizensis* Lundell (Gutiérrez y Dorantes, 2004).

Nombres comunes

Caoba, Caobo, Cóbano (Tab.); Kanak-ché, Punab (l. maya, Yuc.); Rosadillo, Tsulsul, Tutzul (l. tzeltal, Chis.); Tzopilocuáhuil (l. náhuatl); Tzulzul (Chis.); Zopilotl, Macchoc-chuc-quiiui (l. totonaca, Ver.) (Conabio, 2006).

Descripción botánica

Árbol monoico (fig. 103), perennifolio o caducifolio de 35 a 50 m (hasta 70 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de 1 a 1.8 m (hasta 3.5 m). Con copa abierta y redondeada con forma de sombrilla. Hojas alternas, paripinnadas o a veces imparipinnadas de 12 a 40 cm de largo incluyendo el pecíolo; folíolos 3 a 5 pares de 5 x 2 a 12 x 5 cm, lanceolados u ovados, muy asimétricos, con el margen entero. Tronco derecho y limpio, ligeramente acanalado con contrafuertes bien formados de 2 a 5 m de alto. Pocas ramas gruesas ascendentes y torcidas por arriba de los 25 m; corteza externa profunda y ampliamente fisurada con las costillas escamosas en piezas alargadas, pardo grisáceas a moreno grisáceas. Corteza interna rosada a roja, fibrosa, de sabor amargo y astringente. Grosor total de 10 a 25 mm (Conabio, 2006). Flores pequeñas, verde amarillentas reunidas en panículas axilares y subterminales glabras de hasta 15 cm de largo. Ambos sexos en la misma inflorescencia; las flores masculinas más abundantes que las femeninas, ambas dulcemente perfumadas. Actinomorfas de 6 a 8 mm de diámetro; el cáliz tiene forma de copa; la corola tiene 5 pétalos ovales y cóncavos, florece de abril a agosto. Los frutos son cápsulas leñosas, ovoides u oblongas (fig. 104) de color moreno rojizo (grisáceo en ocasiones), de 12-18 cm de largo por 8 cm de ancho, dehiscentes desde la base y se abren en 4 o 5 valvas, fructifica de julio a abril (Benítez *et al.*, 2004). El número de semillas por fruto es de 40 a 60 y por lóculo 12 (fig. 104); miden 1 cm de largo, irregulares, comprimidas de color canela, provistas de una prolongación en forma de ala de 6 a 7 cm de largo. Las semillas son sumamente amargas, astringentes y muy livianas (Conabio, 2006).

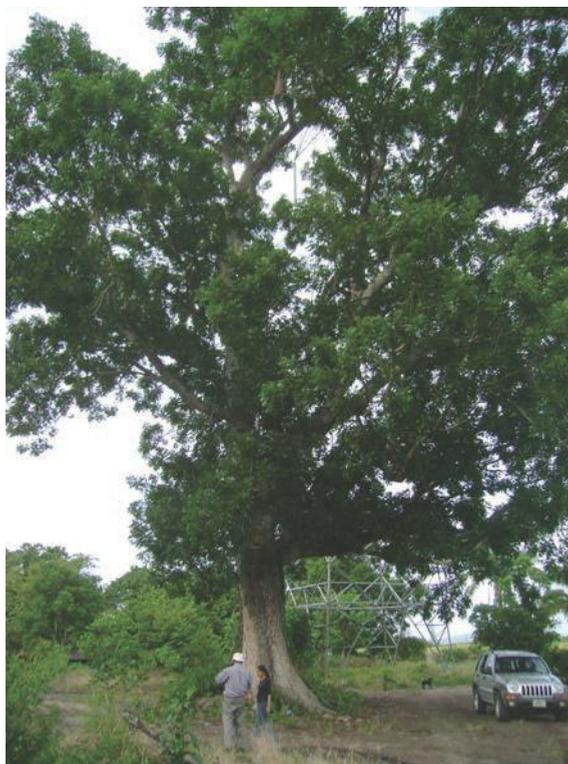


Fig. 103. Árbol de *Swietenia macrophylla* (César Carvajal Hernández).

Distribución

Se distribuye únicamente en la vertiente del Golfo, desde el norte de Puebla y Veracruz hasta el sur de la Península de Yucatán a una altitud de 0 a 750 m (Conabio, 2006).

Usos

Especie maderable de importancia artesanal con la que se fabrican artículos torneados, esculpidos e instrumentos musicales. También se emplea en construcciones rurales y construcciones de interiores. Las semillas contienen un aceite con el que se pueden preparar cosméticos. La corteza tiene un alto contenido de tanino y sirve para la elaboración de implementos agrícolas. Su madera preciosa con posibilidades comerciales es dura, vetada, de color moreno rojizo o claro cuando está recién cortada. Se utiliza para embarcaciones, partes de molinos, moldes y pontones, instrumentos científicos, acabados de interiores para baños sauna, fabricación de mue-

bles de lujo, gabinetes, paneles, chapa, triplay, duela, lambrín, decoración de interiores, ebanistería fina. Tiene gran aceptación en el mercado. Es la base de las industrias forestales de las zonas tropicales del país. En medicina tradicional se emplea la infusión de la corteza y las semillas como tónico y contra la tifoidea, la diarrea y la fiebre. Su semilla es sumamente amarga y astringente y se ha usado como calmante del dolor de muelas. Es melífera.

Germinación

Se ponen las semillas a germinar a una temperatura constante de 28 °C y tardan de 15-18 días con éxito de 70-90% (Niembro, 2003c).



Fig. 104. Frutos y semillas de *Swietenia macrophylla* (Proaft, 2004).

GLOSARIO

Acaricida-acaricidas: producto destinado a combatir ácaros que atacan a las plantas y a la producción de las mismas. Producto fitosanitario usado para el control de ácaros o arañitas.

Aforestación: acción de plantar árboles donde antes no los había.

Agrolita o perlita: es un tipo de vidrio volcánico amorfo que tiene un alto contenido de agua; típicamente se forma a partir de la hidratación de la obsidiana. En horticultura se utiliza para la realización de compostas al aire libre, ya que permite un buen medio para la retención de agua, también se utiliza en hidroponía.

Almácigo: 1. Especie de arbusto de la familia de las Anacardiáceas y 2. Recipiente, bolsa de plástico, caja, etc., donde se realiza la germinación y el crecimiento de algunas semillas hasta lograr una planta pequeña que luego puede ser trasplantada a suelo firme.

Angiospermas: plantas fanerógamas cuyos carpelos forman una cavidad cerrada u ovario, dentro de la cual están los óvulos.

Ápice: en botánica, este término expresa el extremo superior o punta (del latín *apex*, con el mismo significado) de la hoja, del fruto, etc. El adjetivo apical se puede aplicar a flores y frutos con el significado del más distal. Distal, a su vez, es lo que se sitúa hacia el extremo opuesto a la base o parte basal del órgano en cuestión. En un órgano, por ejemplo una hoja, hay que distinguir entre el ápice orgánico, por donde puede crecer distalmente el órgano, dotado de tejido meristemático, y el ápice geométrico, que es simplemente el punto más distanciado de la base.

Aquenio: tipo de fruto seco indehisciente. Los aquenios son frutos de una sola semilla, no solada dentro del carpelo. A veces los aquenios aparecen unidos formando lo que se conoce como poliquenios.

Área semillera: rodal con arbolado de mayor calidad fenotípica promedio, donde se delimita la zona centro y se aísla ésta con una franja alrededor. Se seleccionan los mejores árboles y se eliminan los indeseables, abriendo las copas para producir grandes cantidades de semilla mejorada con ayuda de labores culturales apropiadas.

Auxinas: grupo de sustancias que controlan el crecimiento de las plantas (a menudo llamadas hormonas vegetales o fitohormonas). Juegan un papel esencial en la coordinación de la mayoría de los procesos de crecimiento de la vida de la planta, en especial en los relacionados con los tallos.

Bacteria mesófila: bacteria que descompone la materia orgánica a temperaturas que oscilan entre 30 °C y 40 °C. Realizan la descomposición en tiempo muy corto debido a su rápida actuación sobre la pila de composta.

Barbechos: campos sin cultivar un año o más para recuperar la fertilidad.

Basal-basales: que surge de la base de una planta.

Biuret: compuesto tóxico formado al unirse dos moléculas de urea.

Capacidad de intercambio catiónico: es la cantidad de cationes retenidos por un suelo en forma intercambiable a un determinado pH, expresada en miliequivalentes por 100 gramos de suelo. Es una medida de cargas negativas en los suelos, principalmente en los coloides de arcillas y materia orgánica.

Cariópside: tipo de fruto seco. Las cariópsides son frutos en los que la semilla está pegada al pericarpio.

Carpelos: son hojas modificadas que forman la parte reproductiva femenina de la flor de las plantas angiospermas; son la unidad básica del gineceo. Son hojas portadoras de megásporas (o macrósporas), las células por cuya multiplicación se forma el gametófito femenino (el saco embrional), los carpelos son megasporófilos (o macrosporófilos).

Cepas: hoyos que se hacen en el suelo de dimensiones generalmente de 30 x 30 x 30 cm, donde se van a colocar las plantas al trasplantarlas.

Cóccido-cóccidos: insecto perteneciente al orden Hemíptera, suborden Homóptera, superfamilia Coccoidea. Normalmente se les llama escamas. Se alimenta de los jugos de las plantas.

Coriácea-coriáceo: semejante al cuero en aspecto y consistencia.

Cotiledón: del griego *kotyledon* = hueco en forma de copa. Estructura similar a una hoja que se encuentra en las semillas de las plantas con flores. Aparecen durante la germinación de las semillas, a veces se denominan "hojas" de la semilla u hojas seminales. Parte de la semilla. La primera o primeras hojas del embrión. De acuerdo con el número de cotiledones clasificamos las plantas en dos grupos: monocotiledóneas o dicotiledóneas. Sirven para reservar y absorber nutrientes ubicados en la semilla hasta que la plántula produce sus hojas verdaderas y realiza la fotosíntesis.

Cotiledonarias: referente a los cotiledones.

Cotiledones: son las hojas primordiales constitutivas de la semilla y se encuentran en el germen o embrión.

Criofila-criofilas: especie vegetal adaptada a los climas fríos; la perjudica el aumento de temperaturas.

Damping off: enfermedad producida por hongos que ataca el pie de las plantas recién nacidas en los viveros y que termina destruyéndolas. Es la causa de serias pérdidas de semillas, plántulas y plantas jóvenes.

Defoliación: caída prematura de las hojas de los árboles y plantas en general, provocada ya sea por la acción natural (hongos, insectos, heladas, etc.) o por el hombre.

Defoliador-defoliadores: organismo cuya actividad produce la eliminación de parte o la totalidad de las hojas de una planta.

Deforestación: desmonte o tala de bosques para utilizar la madera o servirse de la tierra con fines de pastoreo o para cultivo. Se produce deforestación en muchas partes del planeta, especialmente en las selvas tropicales. 1. Pérdida de la cobertura vegetal por efecto de la intervención del hombre (tala, quemas); por procesos naturales (erosión eólica, avalanchas, huracanes). 2. Merma de especies vegetales por corte, desmalezamiento o quema. Se hace

para obtener combustible, mayor superficie para la cría de ganado, para la agricultura o para la expansión urbana. 3. La deforestación extensiva, escorrentía de pesticidas, sobrecarga de contaminantes y sedimentación excesiva originada por dragado o uso de tierras cuenca arriba, ocasionan pérdidas serias de manglares.

Dehiscencia: se dice de los frutos que se abren espontáneamente para dejar salir sus semillas. Fenómeno de liberación del contenido de un órgano, liberación de las semillas del fruto o los granos de polen de la antera, etcétera.

Deshumidificación: acción de eliminar el vapor de agua al aire.

Dioica: son plantas en las que los elementos masculinos y femeninos son portados por individuos distintos de la misma especie. Esta característica suele aparecer en individuos primitivos como el *Gingko biloba*.

Díptero-dípteros: insecto que tiene un par de alas. A este orden pertenecen organismos como moscas y mosquitos.

Ectocarpio: capa más externa del pericarpio.

Emulsificantes: moléculas con un extremo afín al agua (hidrofílico) y otro afín al aceite (hidrofóbico). Hacen posible que el agua y el aceite se dispersen casi completamente el uno en el otro, creando una emulsión estable, homogénea y fluida.

Endocarpio: la capa más interna de la pared frutal correspondiente a la epidermis interna del carpelo; de naturaleza leñosa o blanda que encierra la o las semillas.

Endógenos: que se originan o nacen en el interior, como la célula que se forma dentro de otra.

Endosperma o endospermo: tejido de reserva de las semillas procedente del saco embrionario, en las angiospermas se forma el endosperma secundario y en las gimnospermas el endosperma primario tienen orígenes diferentes. Tejido de reserva de las semillas.

Entrenudo-entrenudos: parte del tallo situada entre dos nudos sucesivos. Distancia entre dos yemas en una rama.

Epidérmicas: perteneciente o relativo a la epidermis. Película delgada que cubre la superficie de las plantas.

Epífitas: que vive sobre otro sin ser parásito de él.

Epigea: germinación en la cual los cotiledones de una planta crecen por encima del nivel del suelo.

Escarificación: rajar o erosionar la capa externa de las semillas.

Esclerénquima: tejido mecánico de sostén formado por esclereidas y fibras. "Tejido" vegetal formado por células de origen diverso pero que tienen en común poseer paredes secundarias muy gruesas y habitualmente fuertes y lignificadas, lo que les confiere una gran dureza, siendo muy resistentes tanto a la tensión (por la abundancia de celulosa) como a la compresión (por la lignina).

Esclerófila: formación vegetal muy resistente a la sequía.

Esclerófilo: árbol o arbusto adaptado a la sequía, de hojas perennes gruesas, coriáceas y duras.

Espolones: órgano o parte de los órganos foliares (sépalos, pétalos, etc.) que sobresale hacia el exterior desde la base de la corola o del cáliz.

Estambres: órgano sexual masculino de las plantas fanerógamas, que consta de antera y filamento; en el estambre de las flores se encuentra el polen.

Estigmas: parte superior del pistilo que recibe el polen en el acto de fecundación de las plantas.

Estilo: tubito hueco y esponjoso de las flores que sale del ovario y sostiene el estigma.

Etnobotánica: estudio que combina la ciencia botánica con la antropología para interpretar las categorías de uso basadas en las plantas nativas e introducidas y el conocimiento tradicional de grupos originarios.

Evapotranspiración: conjunto de evaporación y transpiración, siendo esta última la evaporación debida a la acción biológica de los vegetales. 1. Agua que la evaporación o transpiración de las plantas extrae del suelo. Se considera sinónimo de uso consuntivo. 2. Proceso conjunto de evaporación y transpiración. 3. Pérdida de agua de un área específica y para un periodo de tiempo determinado, como consecuencia de la evaporación de la superficie del suelo y de la transpiración de la planta. Cantidad de agua transferida del suelo a la atmósfera por evaporación y transpiración vegetal.

Exocarpo-exocarpo: en el fruto, la capa más externa.

- Exógena:** se dice de una espora (de reproducción sexuada o asexuada) formada en el exterior de la célula que le ha dado nacimiento.
- Fanerógama:** familia de plantas cuyos órganos reproductores tienen forma de flor; las fanerógamas desarrollan semillas que contienen los embriones de otras plantas. Grupo de vegetales que tienen flores y órganos de reproducción sexual.
- Fenología:** estudio de las veces que se repiten los fenómenos naturales en relación con las condiciones climáticas. Estudio de las etapas de desarrollo de los fenómenos periódicos, como la foliación, la floración, etc., y su relación con los cambios climáticos.
- Fenotipo:** es una característica observable, identificable e individualizada del organismo, que expresa un genotipo específico en un ambiente determinado. El fenotipo de un organismo individual abarca tanto la apariencia física y la constitución como la manifestación específica de un determinado rasgo, sea físico, como el tamaño o el color de ojos y conductual (personalidad); esto varía entre los diferentes individuos.
- Filogenia:** (del griego: *phylon* = tribu, raza y *genetikos* = relativo al nacimiento, de génesis = nacimiento) es la disciplina que estudia las relaciones evolutivas entre las distintas especies, reconstruyendo la historia de su diversificación (filogénesis) desde el origen de la vida en la Tierra hasta la actualidad. La filogenia proporciona el fundamento para la clasificación de los organismos.
- Fitopatógeno-fitopatógenos:** microorganismo que causa daño a los vegetales.
- Fitotóxico:** sustancias orgánicas o minerales dañinas para el desarrollo y el crecimiento de las plantas.
- Forestación:** la plantación y el cultivo de vegetación forestal en terrenos no forestales con propósitos de conservación, restauración o producción comercial.
- Fotoperiodo:** regulación de la actividad de un organismo por la duración de los periodos de iluminación o de oscuridad.
- Frutos dehiscentes:** el término dehiscencia designa a la apertura espontánea de un órgano vegetal una vez llegada su madurez, vertiendo al exterior su contenido. Referido a muchos tipos de fruto, designa el momento en que éstos se abren para liberar la

semilla y dispersarla; así se habla de dehiscencia loculicida cuando el fruto se abre por el nervio medio de los carpelos. Refiriéndose a anteras, es el momento en que éstas se abren, liberando el polen. En las plantas inferiores, se llama también dehiscencia a la apertura de los esporangios, lo que libera las esporas sexuales o asexuales.

Frutos indehiscentes: son aquellos frutos que no abren al madurar, dejando semillas dentro de ellos. Los más importantes son aquenios, núculas, cariópsides, sámaras y nueces.

Fuentes parentales: progenitores que provocan la herencia genética.

Fuste: tronco de un árbol. Parte despejada del tronco de un árbol, desde el nivel del suelo hasta la rama más baja.

Genotipo: conjunto o parte de la constitución genética de un individuo. Conjunto de los genes existentes en cada uno de los núcleos celulares de los individuos pertenecientes a una determinada especie vegetal o animal. Del griego: *gen-/gon-* (gr.) [generación (gon- modern. para órganos sexuales)] + *typos* (gr.) [golpe, marca, forma]. En biología es la representación a través de fórmulas sobre la cantidad y la calidad de los genes, no puede observarse. Conjunto de la información genética de un organismo heredada de sus padres y contenida en los cromosomas. Constitución genética de un organismo, generalmente no observable a nivel del organismo vivo. El genotipo es una característica genética determinada, sea habitual o anormal, que posee un individuo concreto dentro de una especie. Es decir el conjunto de genes o factores hereditarios que posee un individuo determinado, dentro de una especie.

Germinación epigea: el hipocótilo se alarga y aleja a los cotiledones del suelo.

Germinación hipogeá: el hipocótilo no se desarrolla y los cotiledones permanecen bajo el suelo o ligeramente sobre éste.

Germoplasma: conjunto del material hereditario que se transmite en la reproducción a la descendencia por medio de los gametos o células reproductoras. Material genético contenido en las semillas y órganos de las plantas y del que dependen los factores hereditarios y la reproducción. Cualquier porción de un ser vivo que permite generar nuevos individuos como semillas, raíces, tallos, células sexuales y embriones.

Gimnospermas: se aplica a las plantas fanerógamas cuyos carpelos no constituyen una cavidad cerrada que contiene los óvulos y por tanto, las semillas quedan al descubierto.

Glabra-glabro: desprovista de pelo o vello.

Hidrofóbico: es la tendencia (debida a su estructura) de un compuesto químico a ser insoluble y no mezclarse con el agua o algún medio acuoso. Que tiene repelencia por el agua.

Hifas: filamento aislado cuyo conjunto constituye el micelio de los hongos.

Himenóptero-himenópteros: del griego *hymenion*, membranita; *pteron*, alas. Insecto con dos pares de alas membranosas y pequeñas y aparato bucal masticador o lamedor, como las hormigas, abejas y avispas.

Hipocótilo: porción del tallo de un embrión o de la plántula situado entre los cotiledones y la radícula.

Hipogea: se dice de la germinación de la semilla cuando el o los cotiledones permanecen por debajo de la superficie del suelo.

Homóptero-homópteros (homoptera): miembro de, o perteneciente al orden.

Homóptera de insectos: miembro de o perteneciente al orden que incluye a los pulgones.

Hospederos: organismos en los que habitan otros organismos.

Imbibición: adsorción de agua e hinchamiento de materiales coloidales debido a la adsorción de moléculas de agua a las superficies internas de los materiales. Es el primer proceso que debe ocurrir en una semilla antes de la germinación. Penetración de un líquido entre las moléculas de un cuerpo sólido.

Indehiscente: término referido en general a los frutos que no se abren al madurar.

Infrutescencia: conjunto de frutos procedentes de una inflorescencia.

Ion: es un átomo o una molécula que ha ganado o ha perdido un electrón, con lo que la partícula se carga eléctricamente. Si gana electrones se carga negativamente y si los pierde se carga positivamente.

Latencia: retraso entre el momento que se inicia algo, y el momento en que uno de sus efectos comienza. Las condiciones del medio son adecuadas pero el organismo tiene una combinación fisiológica tal que impide su crecimiento. Este tipo de inhibición se

denomina latencia, dormancia o letargo. Aun cuando las condiciones ambientales sean las adecuadas para la germinación de las semillas, muchas de ellas no lo hacen aunque permanezcan viables. La no germinación de las semillas también se conoce como latencia o letargo, y está ligada a causas intrínsecas de las semillas o frutos pero también a efectos ambientales.

Latifoliadas: describe la mayoría de las especies de árboles y arbustos con flores (angiospermas) por tener hojas anchas. En palabras comunes, las hojas de la mayoría de las plantas que tienen hojas planas y anchas son latifoliadas. Se refiere a la forma de las hojas de las plantas, y quiere decir forma de hoja de base ancha y terminada en punta fina, que puede tener bordes serrados o lisos y se presenta en plantas anuales, bianuales y perennes, de plantas angiospermas.

Lenticela: pequeño poro situado en la corteza del tronco de un árbol o en las raíces, lleno de células dispuestas holgadamente y que permiten el paso del aire a través de la corteza.

Meristemático: propio o relativo del meristema. Que tiene las características del meristemo. El tejido meristemático se caracteriza por su activa división celular y es el encargado del crecimiento de las plantas. Se encuentra en las semillas, los ápices de las raíces y los tallos, en las yemas y en el interior del tallo y de tronco.

Meristemo: tejido vegetal o zona de células indiferenciadas que tienen la capacidad de dividirse activamente. A partir del mismo se forman los otros tejidos que componen el cuerpo vegetal. Tejido embrionario cuyas células indiferenciadas crecen y se multiplican continuamente o periódicamente para dar lugar a la formación de tejidos adultos constituidos por células diferenciadas. Tejido cuyas células crecen y se multiplican.

Mesocarpio-mesocarpo: la capa intermedia de la pared de un fruto. Se origina de la transformación del parénquima clorofílico del ovario. Parte carnosa y filamentosa contenida entre la epidermis y la película interna de ciertos frutos.

Mesófilo-mesófilos: vegetal que se desarrolla y vive normalmente en condiciones medias en cuanto a temperatura y humedad, en relación con el conjunto de estaciones de la superficie de las tierras emergidas. Que viven en condiciones medias de temperatura.

Micelio: cuerpo de los hongos constituido por un haz de filamentos llamados hifas.

Micorriza: asociación de un hongo con una raíz de una planta superior. Se conocen dos tipos: 1. micorriza endotrófica, el hongo se encuentra en el interior de las células de la planta huésped; es el caso, por ejemplo, de las orquídeas; 2. micorriza ectotrófica, el hongo se sitúa externamente en las raíces más pequeñas. Antes se consideraba un caso típico de simbiosis, hoy se piensa, más bien, que se trata de un parasitismo limitado.

Necrosis: proceso que determina la muerte del tejido.

Nemátodo: orden de gusanos de cuerpo alargado, cilíndrico, fusi-forme o filiforme; habita en el suelo y puede ser nocivo.

Nervadura: red del tejido de conducción y soporte de la hoja.

Nudo-nudos: la región de la planta donde se implantan una o más hojas. Parte del tallo. Los nudos son unos engrosamientos situados en los tallos. A su altura es donde nacen las hojas.

Nuez: fruto seco indehiscente (que no se abre cuando está maduro) monospermo (compuesto por una sola semilla en su interior) y con un pericarpio duro. La mayoría derivan de pistilos con ovario ínfero (situado por debajo del receptáculo floral) cuya pared está endurecida.

Oblonga: hoja o folíolo más largo que ancho, con nervios paralelos a los bordes y extremos redondeados.

Ontogenético: historia del desarrollo de un individuo.

Ovario: parte del gineceo que contiene los primordios seminales. Parte de una planta, generalmente en el fondo de la flor, que tiene las semillas adentro y que se convierte en la fruta que comemos. Región basal hueca del carpelo que contiene uno o más rudimentos seminales. En las flores que poseen dos o más carpelos unidos también se juntan los ovarios y forman un solo ovario compuesto.

Óvulo: gameto o célula sexual femenina. En las plantas se llama óvulos a los primordios seminales que son megasporangios (órganos productores de esporas femeninas), mientras que los gametos femeninos (células sexuales femeninas) reciben el nombre de oosferas. Los óvulos, primordios o rudimentos seminales nacen sobre las placentas, situadas en la cara interna del carpelo. Son de

tamaño reducido, de pocos milímetros, y generalmente de forma ovoide, de allí su nombre.

Panícula-panículas: inflorescencia racemosa compuesta de racimos en la que los mismos van decreciendo de tamaño hacia el ápice.

Papiráceo: parecido al papel en grosor o textura.

Parasitoide: nombre dado a aquellos organismos que viven a expensas de otro, al que terminan por ocasionarle la muerte. Organismo que vive a expensas de otro pero sin llegar a matar a su hospedero.

Parentales: referente al origen genético de los individuos.

Patógeno: organismo que causa enfermedades.

Pericarpio-pericarpo: el conjunto total de la pared del fruto, formada de epicarpio, mesocarpio y endocarpio.

Pétreo: de piedra o roca.

Pistilos: en la mayoría de flores, sobre el receptáculo hay cuatro partes: los órganos reproductores femeninos o gineceo, que es una o varias estructuras como botellitas, llamadas pistilos. La reproducción sexual la realiza la planta gracias a las flores, donde se disponen los órganos sexuales masculinos (estambres) y, los femeninos (pistilos). La fecundación se produce cuando el polen de los estambres llega a los pistilos.

Plaga: el concepto de plaga ha evolucionado con el tiempo desde el significado tradicional donde se consideraba plaga a cualquier animal que producía daños, típicamente a los cultivos. Actualmente debe situarse al mismo nivel que el concepto de enfermedad y entenderse como plaga a una situación en la cual un animal produce daños económicos, normalmente físicos a los intereses de las personas (salud, plantas cultivadas, animales domésticos, materiales o medios naturales); de la misma forma que la enfermedad no es el virus, bacteria, sino la situación en la que un organismo vivo (patógeno) ocasiona alteraciones fisiológicas en otro, normalmente con síntomas visibles o daños económicos. Este nuevo concepto permite separar el significado de plaga de la especie animal que la produce evitando establecer clasificaciones de especies “buenas” y “malas”, y facilitando la explicación de por qué una especie es beneficiosa en un lugar y perjudicial en otro. Para explicar esto se puede poner el ejemplo del conejo (*Oryctolagus cuniculus*) muy importante en Europa por

ser parte fundamental del ecosistema mediterráneo mientras que muy perjudicial en Australia; la plaga no es el conejo *per se* sino la situación que se produce en cada una de las regiones y los daños económicos que de ella derivan.

Plantación: es un conjunto de árboles de la misma especie que se han cultivado en viveros y establecidos en un sitio determinado, ya sea para fines comerciales o de restauración.

Plántula: planta en la primera etapa de desarrollo después de haber germinado y que aún depende de las reservas almacenadas en las semillas.

Poliestireno: plástico resultante de la polimerización (repetición encadenada de moléculas) del estireno. Es un plástico muy valioso, químicamente resistente, de escaso peso específico, aislante del sonido, de la temperatura, de la electricidad, etcétera.

Potencial hidrógeno (pH): es una medida de concentración del ión hidrógeno en el agua. Varía de 1 a 14 y dependiendo de los rangos, se divide en pH ácido (entre 1-7), básico o alcalino (entre 7-14) y neutro (pH 7).

Predadas: organismos que han sido invadidos por otro para comerse.

Predador: animal que caza y se alimenta de otros organismos vivos.

Propágulo-propágulos: cualquier parte de una planta, por medio de la cual ésta se extiende y es capaz de transformarse en una nueva planta adulta; por ejemplo, las semillas, pero también los frutos, las esporas o las yemas y esquejes. Unidades de dispersión de plantas tales como semillas, esporas, embriones.

Quelante-quelantes-quelatantes: sustancias químicas que provocan que partículas pequeñas se unan entre sí para formar una mayor que precipita con más facilidad. También se suelen llamar floculantes.

Quiescencia: estado de reposo. Sinónimo de latencia.

Radícula: parte del embrión de las plantas que origina la raíz. Rudimento radical del embrión de plantas superiores. Extremo basal del eje embrionario, raíz originada en la semilla y que dará la raíz primaria. Proyecciones unicelulares de la raíz, responsables de la absorción del agua y los nutrientes del suelo. Raíz primera.

Recalcitrantes: semilla que pierde viabilidad cuando se seca y/o almacena a bajas temperaturas.

Recurso forestal: está formado por los bosques naturales o cultivados, las tierras de vocación forestal, la flora y la fauna silvestre.

Reforestación: plantación de especies arbóreas en un lugar donde existían previamente pero han sido reconvertidos para otros usos.

Resiliencia: es la capacidad de un material para ser deformado pero no de manera permanente. En polímeros se utiliza particularmente el término en hules o elastómeros. Los materiales con alta resiliencia tienen la capacidad de rebotar. La resiliencia también puede entenderse como un componente de la tenacidad, es decir, de la resistencia al impacto que tiene un material. La propiedad de resiliencia es medida en polímeros a través de máquinas de pruebas universales o de impacto, como las pruebas Charpy e Izod y con equipos como el Zwick, éstas pueden realizarse a diferentes temperaturas. En ellas se aplica un estímulo a la probeta del material con dimensiones conocidas y estándares, se mide la respuesta del material y con ello se determina su resiliencia.

Respirómetros: medidores de oxígeno.

Sámara: es un tipo de fruto en el que se desarrolla un ala aplanada de tejido fibroso y papiráceo a partir de la pared del ovario. Una sámara es un fruto seco indehiscente (que no se abre por una valva). La forma de la sámara favorece su dispersión por el viento o anemocoria.

Termófilo-termófilos: que vive en condiciones de altas temperaturas (superiores a 450 °C).

Testa: cubierta externa de la semilla.

Tocón: parte del tronco de un árbol que se queda con la raíz.

Translocación: 1. en las plantas, transporte de agua, minerales o nutrientes a larga distancia; mayoritariamente usado para referirse al transporte de nutrientes; 2. en genética, intercambio de segmentos cromosómicos entre cromosomas no homólogos.

Turba: es un material orgánico compacto de color pardo oscuro y rico en carbono. Está formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron. Tiene propiedades físicas y químicas variables en función de su origen. Se emplea como combustible y en la obtención de abonos orgánicos.

Umbrófila-umbrófilas-umbrófilo: término aplicado a las plantas que viven o se adaptan a medios durante un tiempo prolongado, debido a su orientación, permanecen a la sombra.

Vermicompostas: producto estacionado compuesto por las píldoras fecales (estiércol) de las lombrices.

Vermiculita: es un mineral natural del grupo de filosilicatos que tiene una apariencia de mica. Se expande con la aplicación de calor. En horticultura se utiliza para enriquecer el suelo.

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

AOSCA: Agencias Oficiales Certificadoras de Semillas (en español).

CATIE: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

Conabio: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad.

Conafor: Comisión Nacional Forestal.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (en español).

FIDA: Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola.

INEGI: Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática.

INIFAP: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.

ISTA: Asociación Internacional de Pruebas de Semillas (en español).

OCDE: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.

OTS: Organization for Tropical Studies.

Proaft: Programa de Acción Forestal Tropical.

Pronare: Programa Nacional de Reforestación.

Prosefor: Programa de semillas forestales (del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).

Semarnat: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Sire: Sistema de Información para la Reforestación.

BIBLIOGRAFÍA

- AGUILAR C., J. M. y M. A. Aguilar Cumes (1992). *Árboles de la Biosfera Maya Petén. Guía para las especies del Parque Nacional Tikal*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Escuela de Biología, Centro de Estudios Conservacionistas, Guatemala, 272 p.
- ALBA L., J. (1989). *Selección de árboles para colecta de germoplasma forestal. Notas Internas del Centro de Genética Forestal*. UV, Xalapa, Ver., 20 p.
- _____. (1993). *Manejo de semillas forestales*. UV, Xalapa, Ver., 64 p.
- ALLISON, C. S. (1974). "Design considerations for the RL single cell system" en R. W. Tinus *et al.* (eds.), *Proceedings North American Containerized Forest Tree Seedling Symposium*. Núm. 68, Great Plains Agricultural Council, Denver, Co., pp. 233-236.
- ALTIERI, M. A. (1999). *Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable*. Ed. Nordan Comunidad, Montevideo, 338 p.
- ALVARADO, C. R. *et al.* (2003). "Ceiba pentandra (L.) Gaertn.", en J. A. Vozzo (ed.), *Tropical Seed Manual*. United States Department of Agriculture, USA, pp. 394-396.

- AMO R., S. del (1979). "Clave para plántulas y estados juveniles de especies primarias de una selva alta perennifolia en Veracruz", *Biótica*. Vol. 4, núm. 2, pp. 59-108, UNAM, México, D. F.
- AMO R., S. del y J. M. Ramos P. (2001). Manual de manejo de vegetación secundaria tropical. Manuscrito del documento interno del Programa de Acción Forestal A. C., México, D. F., 50 p.
- AMO R., S. del *et al.* (2008). "Community Landscape Planning for Rural Areas: A Model for Biocultural Resource Management". *Journal of Society & Natural Resources* (en prensa).
- Árboles ornamentales, 2006. www.arbolesornamentales.com/Pachira-aquatica.htm (consultado en enero de 2006).
- ARRIAGA, V. *et al.* (1994). *Manual de reforestación con especies nativas*. Sedesol-UNAM, México. D. F., 219 p.
- BENÍTEZ, G. *et al.* (2004). *Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones*. Instituto de Ecología, A. C. -Sigolfo-Conafor, Xalapa, Veracruz, 288 p.
- Biotriton, 2006. www.biotriton.cl (consultado en enero 2006).
- BOODLEY, J. W. (1981). *The Commercial Greenhouse*. Delmar Publishers, Albany, N. Y., 568 p.
- BRUNIG, E. F. y N. Sander (1983). "Ecosystem structure and functioning: Some interactions of relevance to agroforestry" en P. A. Huxley (ed.), *Plant research and agroforestry*. ICRAF, Kenya, pp. 221-248.
- BUDOWSKI, G. (1994). "El alcance y potencial de la agroforestería con énfasis en Centroamérica", en L. Krishnamurty y J. A. Leos-Rodríguez (eds.), *Agroforestería en desarrollo*. UACH, México, D. F., pp. 1-16.

- CAMACHO M., E. (1994). *Dormición de semillas, causas y tratamientos*. Trillas, México, D. F., 125 p.
- CASTAÑO, F. y R. D. Moreno (2004). *Guadua para todos, cultivo y aprovechamiento*. Ministerio de Ambiente, Carder, Gtz, Cortoclima, Corpocaldas, CUC, CRQ, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá, Colombia, 188 p.
- CATIE (1986). *Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, San José, Costa Rica, 818 p.
- Conabio (2006). www.conabio.gob.mx (consultado en febrero 2006).
- Conafor (2006). www.conafor.gob.mx. (consultado en enero 2006).
- CROMWELL, E. *et al.* (1996). *Germoplasma para árboles de usos múltiple: acceso y utilidad en comunidades de pequeñas explotaciones agrícolas*. Ed. Overseas Development Institute, Londres, 107 p.
- DUKE, J. A. (1965). "Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico", *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 52, núm. 3. Ed. Missouri Botanical Garden Press, USA.
- FARRELL, J. G. y M. A. Altieri (1999). "Sistemas agroforestales", *Boletín Agroecológico*. Núm. 57, Ed. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo, Lima, Perú, <http://www.ciedperu.org/bae/nbae.htm> (consultado en diciembre 2005).
- FIDAMERICA (2003). *Proceso de establecimiento y manejo de la parcela demostrativa para la transferencia de tecnología de cultivo hortícola bajo riego, entre pequeños/as productores/as de ARLA*. Guacotecti, Cabañas, El Salvador.

- FLORES, E. M. (2003). "Guarea glabra Vahl", J. A. Vozzo (ed.), *Tropical Seed Manual*. United States Department of Agriculture, USA, pp. 489-492.
- GARCÍA, R. E. *et al.* (2005). *Establecimiento de plantaciones forestales: Eucalyptus sp.*, Instituto Forestal. Fondo de Desarrollo e Innovación, Chile, 34 p.
- GARCÍA, V. F. (1992). Establecimiento del vivero forestal Santiago Cuautenco Municipio de Amecameca, Estado de México. Tesis de licenciatura. Departamento de Bosques. División de Ciencias Forestales, Universidad de Chapingo, México, D. F., 77 p.
- GLIESSMAN, S. R. (2002). *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE, Turrialba, Costa Rica, 359 p.
- GONZÁLEZ, L. COSÍO, M. (1984). *Especies vegetales de importancia económica en México*. Porrúa, México, D. F., 305 p.
- GUTIÉRREZ, C. L. y J. Dorantes López (2004). *Especies forestales de uso tradicional del estado de Veracruz. Potencialidades de especies con uso tradicional del estado de Veracruz, como opción para establecer Plantaciones Forestales Comerciales, 2003-2004*. Conafor-Conacyt-UV, México, D. F., 378 p.
- GUTIÉRREZ, V., B. A. (1999). Plan de investigación y desarrollo tecnológico en sistemas agroforestales. <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/Gutierrz.htm> (consultado en junio 2005).
- HAHN, P. F. (1982). "Practical guidelines for developing containerized nursery programs", en R. W. Guldin y J. P. Barnett (eds.). *Proceedings of the Southern Containerized Forest Tree Seedlings Conference, 1981 August 25-27; Savannah, Georgia*. Forest Service, Southern Forest Experiment Station, Nueva Orleans, USA, pp. 97-100.

- HARTMAN, H. T. *et al.* (1990). *Plant Propagation. Principles Practices*. 5a. ed., Prentice-Hall, Inc. Englewood, Clifts, New Yersey, 647 p.
- HAYMAN, D. S. (1982). "Influence of soils and fertility on activity of vesicular-arbuscular Mycorrhizal fungi", *Phytopathol.* Núm. 72, pp. 1119-1125, The American Phytopathological Society, Inglaterra.
- HERRERA, A. y Z. Lanuza (1996). *Especies para reforestación en Nicaragua*. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (Marena), Managua, Nicaragua, 185 p.
- HONG, T. D. y R. H. Ellis (2003). "Storage", J. A. Vozzo (ed.), *Tropical Tree seed manual*. United States Department of Agriculture Forest Service, USA, pp. 25-136.
- HUXLEY, P. A. (1983). "Comments on agroforestry classifications: with special reference to plant aspects" en P. A. Huxley (ed.), *Plant research and agroforestry*. ICRAF, Kenya, pp. 161-172.
- Infoagro (2005). www.infoagro.com/abonos/compostaje (consultado en diciembre 2005).
- Infojardín (2005). www.infojardin.com/articulos/plaga-enfermedad-curativos.htm (consultado en diciembre 2005).
- INIFAP (1994). *Semillas Forestales*. INIFAP-CENID-COMEF, México, D. F., 137 p.
- ISTA (2003). *International rules for seed testing*. International Seed Testing Association, Bassersdorff, Switzerland.
- JUÁREZ, S. M. (2008). Supervivencia y crecimiento de especies nativas en parcelas de restauración ecológica en la sierra totonaca, Veracruz.

- Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, Puebla.
- KRAMER, P. J. (1983). *Water relations of plants*. Academic Press, N.Y., 489 p.
- KRISHNAMURTY, L. y M. G. Uribe (2002). *Tecnologías agroforestales para el desarrollo rural sustentable*. PNUMA-Semarnat, México, D. F., pp. 361-388.
- LANDIS, R. W. *et al.* (1994). *The container tree Nursery manual*. Ed. FSDA. Agriculture Handbook, Department of Agriculture, Forest Service, Washington, D. C., 188 p.
- LANDIS, T. D. y B. Cregg (1995). *National Proceedings: Forest and Conservation Nursery Associations*. Department of Agriculture, Forest Service, Portland, Oregon, USA, pp. 99-115.
- LITTLE, E. L. y F. H. Wadsworth (1964). "Common trees of Puerto Rico and Virgin Islands", *Agric. Handbook*. Núm. 249, U.S. Dept. of Agriculture, Forest Service, Washington, D. C., 548 p.
- LÓPEZ, S. E. (2004). Manual para el diseño, establecimiento y manejo de los principales sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, en la región de Los Tuxtlas, Veracruz. Tesis de maestría en Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Estado de México, 256 p.
- MEDELLÍN M., S. (2000). Diamapúkchoco. Plan comunitario de manejo de recursos naturales del ejido Plan de Hidalgo, Municipio de Papantla, Veracruz (Totonacapan). Documento interno de Programa de Acción Forestal A. C., 60 p.
- MIZRAHI, A. P. (1997). "Composition, Structure and Management Potential of Secondary Vegetation in a Dry Tropical Forest", *Forest Eco-*

- logy and Management*. Núm. 94, pp. 79-88, Elsevier Science, Amsterdam.
- MUSALEM, M. A. y M. A. Solís P. (2000). Monografía de *Pinus hartwegii*. INIFAP, México, D. F., 71 p.
- MUSALEM, M. A. (1994). "La asociación del cafetal con árboles: una combinación promisoriosa para los trópicos de México", *Boletín Técnico del Programa de Acción Forestal Tropical de México*. SARH, México, D. F., pp. 7-9.
- NAIR P., K. R. (1985). "Classification of agroforestry systems", *Working Paper*. Núm. 28. ICRAF, Nairobi, Kenya, 52 p.
- NAPIER, I. (1985). *Técnicas de viveros forestales, conferencia especial a Centroamérica*. Esnacifor, Siguatepeque, Honduras, 291 p.
- NAVARRETE-TINDALL, N. y M. A. Orellana N. (2003). "*Bursera simaruba* (L.) Sarg.", en J. A. Vozzo (ed.), *Tropical Seed Manual*. United States Department of Agriculture, USA, pp. 340-341.
- NAVIERAS, R. y J. P. Nitsch (1997). Viveros. www.agentesforestales.net/viveros.htm (consultado en junio de 2005).
- NELSON, P. V. (1991). *Greenhouse Operation and Management*. Prentice-Hall Professional Technical Reference, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, USA, 612 p.
- NIEMBRO, R. A. (1986). *Árboles y arbustos útiles de México*. Limusa, México, D. F., 206 p.
- _____. (1988). *Semillas de árboles y arbustos, ontogenia y estructura*. Limusa, México, D. F., 285 p.

- _____. (2003a). "*Brosimum alicastrum* SW", J. A. Vozzo (ed.), *Tropical Seed Manual*. United States Department of Agriculture, USA, pp. 335-337.
- _____. (2003b). "*Cedrela odorata* L.", J. A. Vozzo (ed.), *Tropical Seed Manual*. United States Department of Agriculture, USA, pp. 386-387.
- _____. (2003c). "*Swietenia macrophylla* King.", J. A. Vozzo (ed.), *Tropical Seed Manual*. United States Department of Agriculture, USA, pp. 722-725.
- _____. (2004). Imágenes de árboles y arbustos. Disco Interactivo en maquila.
- NITSCH, J. P. (1965). "Physiology of flower and fruit development" en W. Ruhland (ed.), *Handbook der Pflanzenphysiologie*. Vol. 15, Springer-Verlag, Berlín, pp. 1537-1647.
- OLDEMAN, R., A. A. (1983). "The design of ecologically sound agroforests" en P. A. Huxley (ed.), *Plant research and agroforestry*. ICRAF, Kenya, pp. 173-208.
- ORTIZ-ESPEJEL, B. y M. V. Toledo (1998). "Tendencia en la deforestación de la selva Lacandona (Chiapas, México): el caso de las cañadas", *Interciencia*. Vol. 23, núm. 6, pp. 318-327, Asociación Interciencia, Caracas, Venezuela.
- ORTIZ-ESPEJEL, B. (1995). *La cultura asediada: espacio e historia en el trópico veracruzano (el caso del Totonacapan)*. CIESAS-IEAC, México, D. F., 118 p.
- OSPINA, J. A. (2003). "*Pachira aquatica* Aubl.", J. A. Vozzo (ed.), *Tropical Seed Manual*. United States Department of Agriculture, USA, pp. 595-596.

- PADILLA, S. M. (1983). *Manual del viverista*. 2^a ed., CICAFOR y Cooperación Técnica Belga, Cajamarca, Perú, 161 p.
- PENNINGTON, T. D. y J. Sarukhán (1998). *Árboles tropicales de México: manual para la identificación de las principales especies*. 2^a ed., UNAM-FCE, México, D. F., 521 p.
- PETERSON, G. W. y R. S. Smith (eds.) (1975). "Forest nursery diseases in the United States", *Agriculture Handbook*. Núm. 470, Department of Agriculture, Washington, D. C., USA, 125 p.
- PIANKA, E. (1970). "On r and K selection", *The American Naturalist*. Vol. 104, núm. 940, pp. 592-597, The American Society of Naturalists, Chicago, USA.
- PICADO, V. W. (1987). *Experiencia en el establecimiento y producción de plantas en viveros de tipo comunal y familiar en Costa Rica*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, pp. 306-323.
- PLANCARTE, B. A. (1990). "Manual para el establecimiento y evaluación de ensayos de especies y procedencias", *Boletín Técnico*. Núm. 4, Centro de Genética Forestal, A. C., Chapingo, México, 36 p.
- Proaft (2004). Manejo y enriquecimiento de acahuales. Reforestación y plantaciones, viveros y producción de plantas, 32 p.
- Prosefor (1999). *Brosimum alicastrum* Swartz. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Costa Rica, p. 2.
- RAMOS, C. A. (2008). Germinación y desarrollo de plántulas de nueve especies arbóreas nativas de selva mediana de tres municipios

- del Totonacapan, Veracruz en invernadero y vivero rural. Tesis de licenciatura, UV, Xalapa, Ver.
- RAMOS, P. J. *et al.* (1996). "Diversidad y tipos de agroecosistemas: consideraciones para diseño" en J. A. Trujillo *et al.* (eds), *Ecología aplicada a la agricultura: temas selectos de México*. UAM, México, D. F.
- RAMOS, P. *et al.* (2004). Trial and error: three approaches to ecological restoration, Annual Meeting of the Ecological Society of America, Portland, USA, 4 de agosto.
- RAMPRASAD, V. (2007). "Para mantener la diversidad genética: bancos comunitarios de semillas", *LEISA. Revista de Agroecología*. Vol. 23, núm. 2, pp. 45-50, LEISA, Perú.
- REYES, C. H. *et al.* (1997). *Mosquita blanca: su manejo integral*. Ecosta Yutu Cuii. Sociedad Solidaria Social, Santa Rosa de Lima, Tututepec, Oaxaca, 52 p.
- RITCHIE, G. A. (1984). "Assessing seedling quality" en M. L. Duryea y T. D. Landis (eds.), *Forest Nursery Manual: production of barefoot seedlings*. Kluwer Academic Publishers, Boston, USA, pp. 243-259.
- RZEDOWSKI, G. C. de (1996). "Flacourtiaceae", *Flora del bajío y de regiones adyacentes*. Fascículo 41, Instituto de Ecología, A.C., Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro, Michoacán, pp. 1-19.
- RZEDOWSKI, J. y M. Equihua (1987). *Atlas cultural de México. Flora*. INAH-Planeta, México, D. F., 233 p.
- SALAS, A. E. (2005). *Las micorrizas y su importancia en el manejo y conservación de los árboles de los trópicos*. Universidad Nacional de Costa Rica, Costa Rica, p. 11.

- SARH (1994). Inventario Nacional Forestal Periódico. Memoria Nacional. Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre-SARH, México, 63 p.
- SCHMIDT, L. (2000). *Guide to Handling Tropical and Subtropical Forest Seed*. Danida Forest Seed Centre, USA, 542 p.
- Semarnat (2006). www.semarnat.gob.mx (consultado en diciembre 2005).
- SINIX (2005). www.sinix.net (consultado en diciembre de 2005).
- Sire. 2006. www.conafor.gob.mx (consultado en octubre de 2005).
- SPOMER, L. A. (1985). "Techniques for measuring plant water", *Hort Science*. Vol. 20, núm. 6, American Society for Horticultural Science, USA, pp. 1021-1028.
- TINUS, R. W. y S. E. McDonald (1979). *How to grow tree seedlings in containers in greenhouses*. US Department of Agriculture, Forest Service, Ft. Collins, USA, 256 p.
- TOLEDO, E. y C. Rincón (1999). *Utilización industrial de nuevas especies forestales en el Perú*. 2ª. ed., Cámara Nacional Forestal, Instituto Nacional de Recursos Naturales, Dirección General Forestal, Perú, 240 p.
- TORMO, M. R. (2002). *Frutos*. Ministerio de Educación y Ciencia, Centro Nacional de Información y Comunicación Educativa, Madrid.
- Uncader (2001). Propagación de plantas (bambú-guadua). Curso-taller. Secretaría de Desarrollo Agrícola y Pecuario, Uncader, Xalapa, Ver., 40 p.
- VALLEJO, M. A. y F. J. Oviedo (1994). "Características botánicas, usos y distribución de los principales árboles y arbustos con potencial

- forrajero en América Central”, *Árboles y arbustos en América Central*. Vol. 2, J. E. Benavides Editores, CATIE, Turrialba, Costa Rica, pp. 665-694.
- VÁZQUEZ-YANES, C. y A. Batis (1996). “La restauración de la vegetación: árboles exóticos vs. árboles nativos”, *Ciencias*. Núm. 43, UNAM, México, D. F., pp. 16-23.
- VÁZQUEZ-YANES, C. *et al.* (1997). *La reproducción de las plantas: semillas y meristemos*. La ciencia para todos. FCE, México, D. F., 167 p.
- VÁZQUEZ-YANES, C. *et al.* (1999). *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte Técnico del Proyecto J084, Conabio-UNAM, México, D. F., 15 p.
- VERGARA, M. C. (2007). Restauración ecológica campesina en cinco ejidos de la zona totonaca mediante actividades de agroforestería. Reporte de proyecto Conafor-Conacyt, 2002-CO1-6107. Documento Interno. Programa de Acción Forestal Tropical A. C. y Centro de Investigaciones Tropicales de la Universidad Veracruzana.
- WALKER, J. N. y G. A. Duncan (1974). “Greenhouse location and orientation”. *Department of Agricultural Engineering, University of Kentucky Bulletin*. Publ. AFN-32, p. 4, University of Kentucky, Kentucky, USA.
- WILLAN, R. L. (1985). *A guide to forest seed handling paper*. Vol. 20, núm. 2, FAO/FORESTRY Paper, Roma, Italia, 387 p.
- XOCONOSTLE, C. B. y M. R. Ruiz (2002). “Impacto de la biotecnología agrícola en cultivos: el caso de las micorrizas”, *Avance y Perspectiva*. Vol. 21, México, D. F., pp. 263-266.

ZOBEL, B. y J. Talbert (1988). *Técnicas de mejoramiento genético de árboles forestales*. Limusa, México, D. F., pp. 96-99.

Créditos de fotos

AMO R., S. del (1979). "Clave para plántulas y estados juveniles de especies primarias de una selva alta perennifolia en Veracruz", *Biótica*. Vol. 4, núm. 2, pp. 59-108, UNAM, México, D. F.

Archivo Proaft 2003-2009.

ARRIAGA V., et al. (1994). *Manual de reforestación con especies nativas*. Sedesol-UNAM, México, D. F., 219 p.

CATIE (1986). *Sistemas agroforestales, principios y aplicaciones en los trópicos*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, San José, Costa Rica, 818 p.

DUKE, J. A. (1965). "Keys for the identification of seedlings of some prominent woody species in eight forest types in Puerto Rico", *Annals of the Missouri Botanical Garden*. Vol. 52, núm. 3. Ed. Missouri Botanical Garden Press, USA.

SAIZ CAMPILLO, Carmina (2004). Estudios básicos de semillas y plántulas de 3 especies nativas del bosque mesófilo de montaña". Tesis Maestría Ecología Forestal. Centro de Genética Forestal. Xalapa, Veracruz.

(2005) http://www.flickr.com/photos/_boris/13815425/ (Consultado el 22 de julio de 2009.)

(2006) <http://www.flickr.com/photos/lofaesofa/282354331/> (Consultado el 24 de julio de 2009.)

(2009) <http://www.flickr.com/photos/robbn1/3334725020/> (Consultado el 22 de julio de 2009.)

(2009) <http://www.flickr.com/photos/98706376@N00/3648347601/> (Consultado el 24 de julio de 2009.)

(2009) <http://www.s3.amazonaws.com/estock/fspidio/22/38/81/3/umkhuhlu-tree-campus-2238813-0.jpg>

ÍNDICE

Introducción	7
1. Viveros	13
¿Por qué son importantes los viveros?	13
Infraestructura del vivero	24
Sustratos	30
Tipos de contenedores	32
Métodos de propagación	38
Fertilizantes	47
Sanidad del vivero	53
Estimación de los costos de producción de un vivero rústico	65
2. Selección de semillas	69
Importancia de las semillas	69
Selección del árbol madre	79
Beneficio de semillas	91
3. Germinación y propagación de especies bajo condiciones experimentales controladas y en viveros rústicos	99
Aspectos sobresalientes de la germinación	99
Reproducción por estacas	110
Evaluación de las plantas y las estacas	120

4. Sistemas agroforestales	123
Características e importancia de los sistemas agroforestales. .	123
Beneficios económicos, sociales, culturales y ambientales de los sistemas agroforestales.	133
Diagnóstico y diseño de sistemas agroforestales.	137
5. Parcelas demostrativas-experimentales	145
Parcelas demostrativas para la investigación.	145
Actividades específicas para el establecimiento de la parcela	149
Parcelas demostrativas-experimentales en la zona totonaca	161
6. Aspectos botánicos y técnicos de especies forestales	165
Especies forestales tropicales	165
<i>Brosimum alicastrum</i> Swartz.	167
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg.	170
<i>Carpodiptera ameliae</i> Lundell	173
<i>Castilla elástica</i> C.C. Berg	175
<i>Cedrela odorata</i> L.	178
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn	181
<i>Cojoba arborea</i> (L.) Britton & Rose.	185
<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	187
<i>Gliricidia sepium</i> (Jacq.) Steud	189
<i>Guarea glabra</i> Vahl.	191
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.	193
<i>Inga vera</i> Willd	196
<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	199
<i>Pimenta dioica</i> (L.) Merr.	201
<i>Pleuranthodendron lindenii</i> (Turcz.)	204
<i>Salix bonplandiana</i> Kunth	207
<i>Spondias mombin</i> L.	209
<i>Spondias purpurea</i> L	211
<i>Swietenia macrophylla</i> King	213

Glosario	217
Acrónimos y siglas	231
Bibliografía	233

Siendo rector de la Universidad Veracruzana
el doctor Raúl Arias Lovillo,
Germinación y manejo de especies forestales tropicales
de Silvia del Amo Rodríguez, María del Carmen Vergara Tenorio,
José María Ramos Prado y Carmina Saiz Campillo,
se terminó de imprimir en septiembre de 2009,
en Master Copy, S. A. de C.V., Avenida Coyoacán 1450, Col. Del Valle,
Del. Benito Juárez, CP 03220, México, D.F., tel. 55242383.
La edición consta de 300 ejemplares más sobrantes para reposición.
Edición: Patricia Maldonado Rosales,
formación: Aída Pozos Villanueva.
La revisión técnica estuvo a cargo de
Silvia del Amo Rodríguez, María del Carmen Vergara Tenorio
y Juan Corral Aguirre.