

La restauración de la vegetación, árboles exóticos vs. árboles nativos



CARLOS VÁZQUEZ-YANES Y ANA IRENE BATIS

No cabe duda de que ya una parte sustancial del territorio nacional muestra los daños del mal uso de los recursos naturales. En las regiones más favorables para la vida humana y las actividades agropecuarias, la vegetación original ha desaparecido casi completamente. La existencia de muchas tierras deforestadas y abandonadas o sujetas a un nivel de explotación productiva ínfimo, demuestra lo que en el futuro constituirá la mayor parte del territorio: eriales improductivos, despoblados de la gran mayoría de los elementos de su flora y fauna original, que han perdido la ma-

yor parte del suelo fértil y han dejado de cumplir su función reguladora del régimen hídrico.

La situación anteriormente descrita obliga a pensar y a actuar no sólo para la conservación de los recursos naturales que aún existen sino también a emprender investigaciones sobre cómo revertir, aunque sea sólo parcialmente, el enorme daño ya ocasionado en grandes superficies. En la mayoría de los casos será imposible lograr restaurar un medio ambiente similar al original, ya que la existencia de un suelo fértil, un régimen hídrico regular y una biota diversa son

el resultado de milenios de interacción de los seres vivos que pueblan un lugar y su medio físico.

Revertir los daños causados al ambiente es el campo de acción de una nueva disciplina llamada *restauración ecológica*. Con la restauración se intenta detener el proceso de deterioro del suelo por medio del establecimiento de una nueva cobertura vegetal y, si es necesario, por medio de la realización de obras de ingeniería ambiental que modifiquen algunos de los agentes circundantes alterados que están generando daños (por ejemplo, corrientes de agua incontroladas durante las lluvias violentas en terrenos en pendiente). Aunque la ingeniería ambiental no es una disciplina nueva, como lo prueban las antiguas terrazas agrícolas y obras hidráulicas de Asia y América prehispánica, actualmente ésta abarca muchas otras acciones tendientes a revertir los daños causados por un mal diseño de las obras de construcción involucradas en desarrollos urbanos, industriales y de comunicación o favorecer por medio de la modificación del sustrato la explotación conservacionista de los recursos naturales renovables. La ingeniería ambiental es una actividad que está cobrando cada vez mayor importancia, y representa una opción profesional de gran futuro si tiene buenas bases ecológicas; sin embargo, en el resto de este escrito nos concentraremos en el importante aspecto del uso de las plantas en la restauración ecológica.

Reforestación con especies exóticas

Hace cerca de sesenta años algunos técnicos agrónomos y forestales comenzaron a apreciar los efectos nocivos de la deforestación en los suelos de zonas montañosas, lo que dio inicio a las acciones de reforestación en varias partes del país. Desgraciadamente, la ecología era entonces una disciplina incipiente y poco influyente y el conocimiento científico de la flora mexicana se restringía

al pequeño círculo de los botánicos profesionales cuya autoridad fuera de su círculo era mínima. Esto hizo que en la reforestación se siguiera el camino más fácil, que por entonces era también el más común mundialmente. Éste consiste en el uso exclusivo de algunos árboles muy adaptables a diferentes climas y suelos, de rápido crecimiento, cuyas semillas mejoradas se encontraban y aún se encuentran fácilmente disponibles en el mercado internacional de propágulos. Se trata de especies exóticas como los eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) y las casuarinas, ambos de origen australiano, y en menor escala, algunos pinos y otras plantas de diversos orígenes. Los árboles nativos de México se llegaron a emplear en número y superficies insignificantes.

Con las mejores intenciones, el ingeniero Miguel Ángel de Quevedo, Jefe del Departamento Forestal de la Secretaría

de Agricultura, introdujo en México la casuarina (llamada a veces pino australiano, aunque no es un pino), que se utilizó inicialmente para detener las dunas móviles situadas al norte del Puerto de Veracruz, con gran éxito. De Quevedo también impulsó el uso del eucalipto en reforestaciones, y éste comenzó a propagarse en gran escala en sus propios terrenos, que después donaría a la Ciudad, tomando el nombre de Viveros de Coyoacán.

Esta situación ha continuado casi hasta nuestros días y, en cierta medida, persiste el divorcio entre los académicos—ecólogos y botánicos, quienes conocen la flora y las comunidades vegetales del país— y los técnicos y autoridades quienes tienen a su cargo las reforestaciones. Afortunadamente, esto parece que va a cambiar pronto.

Los eucaliptos han sido denostados frecuentemente por los ecólogos; sin em-

bargo, se trata de un grupo de especies muy valiosas para un propósito en particular: la producción de celulosa. Esto se debe a que pueden cultivarse en grandes densidades, tienen un crecimiento muy rápido, relativamente bajas demandas de nutrientes minerales y la capacidad muy acentuada de regenerar vegetativamente nuevos troncos a partir de los tocones que quedan después de la tala, por lo que son un excelente cultivo perenne. No obstante lo anterior, prestan un servicio más bien pobre como elementos para la restauración ecológica y la reforestación, pues ejercen un efecto negativo en el medio que restringe el establecimiento de otras plantas, sus hojas duras producen hojarasca persistente y de escaso valor nutricional para el suelo al descomponerse. El suelo permanece desnudo, lo que no favorece la recuperación de la fertilidad ni ayuda



Hnos. Mayo, AGR, 1974



Hnos. Mayo, AON, 1974

significativamente a detener la erosión de suelos en pendiente ni a favorecer la infiltración de agua en el piso. Los bosques de eucaliptos se transforman en ambientes desfavorables para la mayoría de los elementos de la flora y fauna nativas locales y no son repoblados por éstos, por lo tanto, no pueden ayudar a restaurar, simplemente sustituyen pobre e indefinidamente la cubierta vegetal original. La única razón por la que se siguen usando es por lo fácil que resulta su propagación y la obtención de sus semillas, y la garantía que ofrecen de sobrevivencia y crecimiento en muchos suelos deteriorados. Así, representan una respuesta simple que se justifica por la carencia de conocimientos científicos y técnicos sobre el uso y manejo de las especies nativas susceptibles de ser utilizadas para los mismos propósitos. Por lo tanto, se trata de un problema de carencia de

conocimientos sobre la alternativa que podrían ofrecer los componentes de la flora nativa, que en México contiene varios miles de especies de árboles.

El uso de las especies nativas

Un recurso fundamental para lograr lo anterior lo constituyen las especies vegetales herbáceas y leñosas nativas que tengan la potencialidad de crecer en zonas profundamente alteradas y que, con el tiempo, permitan la recuperación de la fertilidad del suelo, un microclima y un ciclo hidrológico similares a los originales y el restablecimiento de, al menos, parte de la flora y fauna nativa que aún sobrevive en algunos sitios.

Mientras que los bosques de especies exóticas se transforman por lo general en "desiertos verdes" que no permiten la subsistencia de la gran mayoría de las

especies locales de plantas y animales hay varias especies de árboles presentes en México que han sido empleadas para reforestación en otros continentes. Un caso notable es el país centroafricano de Malawi, en el que se han cultivado las especies mesoamericanas *Caesalpinia velutina*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Gliricidia sepium*, *Guazuma ulmifolia* y varias otras, para renovar las fuentes de carbón para uso doméstico, sumamente escaso en esa zona de África.

Cuando se reforesta con especies exóticas se tienen resueltos los problemas de domesticación y disponibilidad de propágulos; sin embargo, los resultados obtenidos con éstas obligan a replantear la necesidad de domesticar y aprender a propagar especies nativas, para lo cual es necesario realizar un inventario de las especies que presenten las propiedades biológicas y ecológicas más adecuadas para

cada clima y condición ambiental del país.

Para hacer uso exitoso de las especies nativas de cada región en programas de desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles, restauración ecológica y reforestación es indispensable profundizar nuestro conocimiento sobre la biología, la ecología, la propagación y el manejo de las especies disponibles, a fin de posibilitar la domesticación de dichas especies y desarrollar técnicas eficientes de propagación, e incluso llegar a mejorar por selección sexual, clonal o ingeniería genética algunas de sus características más valiosas. Es importante también tomar en consideración la utilidad de las especies para la población local, ya que ello redundará en una mejor conservación de las zonas restauradas.

A lo largo de las siguientes páginas se hará énfasis en las especies leñosas; sin embargo, no debemos descartar el valor que otro tipo de plantas como las gramíneas puede tener en la restauración ecológica.

Sistemas agrosilvopastoriles

Una muestra de cómo podemos utilizar plantas silvestres domesticadas de forma combinada con la producción agropecuaria son los sistemas agrosilvopastoriles, que pueden tener una estructura espacial muy variable dependiendo del tipo de ecosistema del que se trate y del propósito perseguido en su diseño. Se trata de combinaciones de cultivos de árboles y arbustos con cultivos o pastizales, que varían en secuencia temporal, composición de especies, arreglo espacial y en las interacciones biológicas sus componentes (véase figura 1). Si están bien diseñados, sus componentes leñosos pueden prestar servicios valiosos como: sombra, protección al cultivo contra el viento, control de erosión eólica e hídrica, reducción de la evapotranspiración, acumulación de materia orgánica en el suelo, fijación del nitrógeno atmosférico en el suelo y por la vegetación,

Aspectos que se toman en cuenta para definir un sistema agrosilvopastoril
<ul style="list-style-type: none"> • La secuencia temporal • La composición del sistema • El arreglo espacial • Las interacciones biológicas de sus componentes • Las interacciones económicas componentes
Composición arbórea dentro de los sistemas agrosilvopastoriles
<ul style="list-style-type: none"> • Árboles de propósitos múltiples • Árboles de frutales y cultivos perennes • Árboles maderables
Tipos de sistemas agrosilvopastoriles según el arreglo espacial, orientación o densidad de árboles dentro de los sistemas
<p>Árboles en linderos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Postes vivos • Cortinas rompevientos • Plantaciones en linderos <p>Árboles dispersos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Árboles de sombra para cultivos perennes o frutales • Árboles dispersos en potreros <p>Árboles en callejones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cultivos anuales en callejones • Cultivos perennes en callejones • Barbechos en callejones • Callejones forrajeros de estratos múltiples • Cultivos de estratos múltiples
Servicios o productos derivados de árboles o arbustos de propósitos múltiples
<ul style="list-style-type: none"> • Sombra • Protección de vientos • Control de la erosión eólica • Control de la erosión hídrica • Reducción de evaporación • Fijación de nitrógeno • Reciclaje de nutrientes • Conservación del agua • Mejoramiento del suelo • Forraje • Leña y carbón • Postes • Abonos verdes • Vainas comestibles • Miel • Árboles maderables • Frutas

Figura 1. Los sistemas agrosilvopastoriles consisten en combinaciones de plantas de uso múltiple, leñosas y herbáceas, con cultivos agrícolas y/o pastizales forrajeros. Tienen efectos benéficos en el ambiente y el suelo, al mismo tiempo que proporcionan muy diversos productos. Las posibilidades de arreglo espacial y temporal son muy diversas.

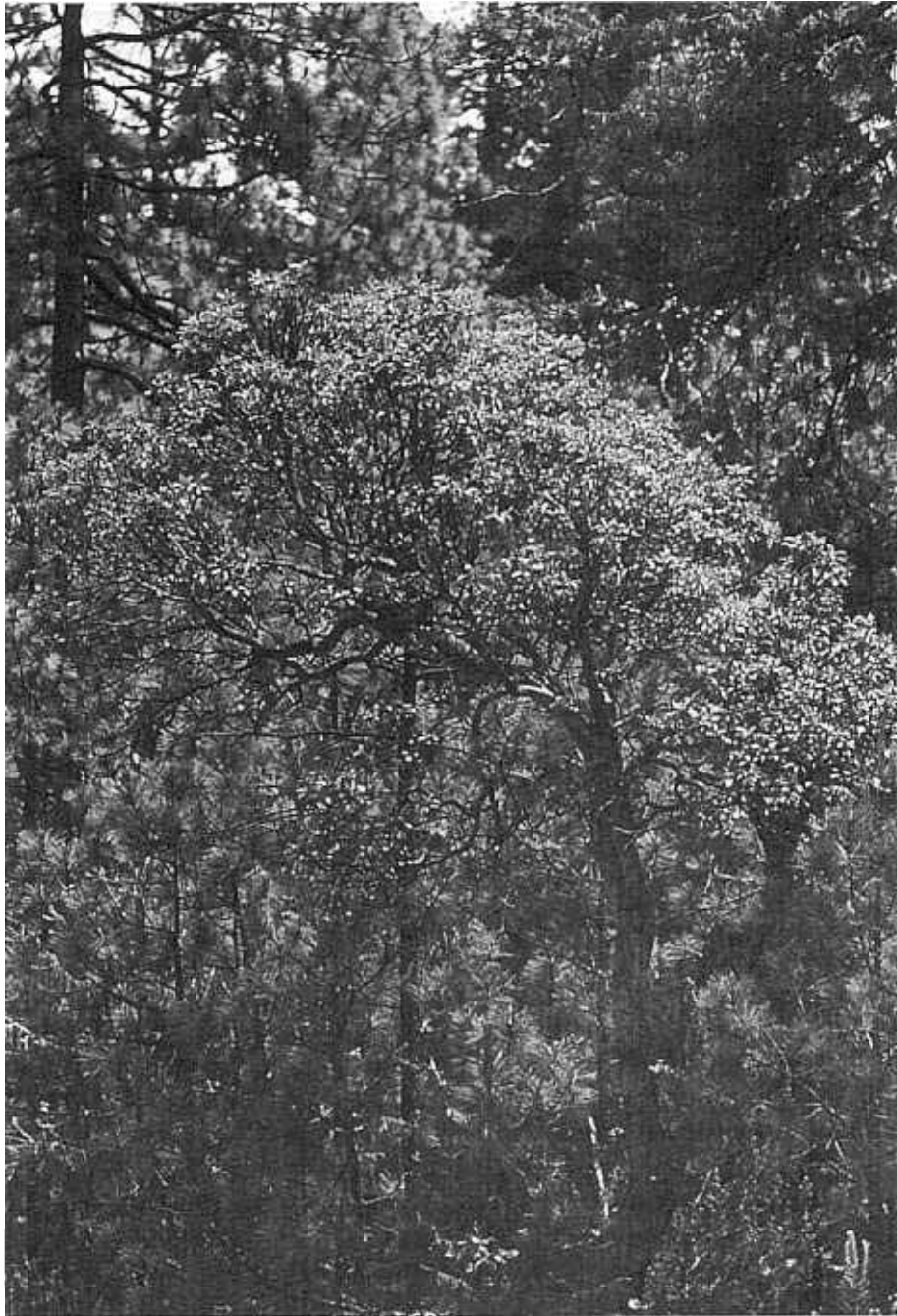
reciclaje eficiente de nutrientes minerales, retención e infiltración del agua en el suelo y un hábitat adecuado para algunas especies nativas, al mismo tiempo que se obtienen productos suplementarios a los que origina el cultivo o el ganado que se produce en el sitio. Estos productos pueden ser: forrajes, leña y carbón, postes, abonos verdes, vainas comestibles, miel, árboles maderables y frutas, entre otras cosas (véase cuadro 1). Las otras ventajas que nos proporcionan los sistemas agrosilvopastoriles son en esencia una mejor conservación del suelo y reducción en el uso de fertilizantes. Desafortunadamente con frecuencia las presiones de índole económica o las estructuras sociales derivadas de las formas de tenencia de la tierra dificultan la implementación de estos sistemas.

Las leguminosas (Fabaceae) juegan un papel primordial en los sistemas agrosilvopastoriles tropicales por su capacidad para la fijación del nitrógeno molecular atmosférico en moléculas orgánicas; sin embargo, lo ideal es lograr una combinación de árboles cuya hojarasca tenga diferentes niveles de concentración de carbono y nitrógeno, ya que esto propicia una mejor calidad del humus formado y por lo tanto, con el tiempo, la mejora en la capacidad de intercambio catiónico en el suelo.

Ya se trate de restauración ecológica, reforestación o desarrollo de sistemas agrosilvopastoriles, la domesticación es la primera etapa del manejo de los árboles.

Domesticación de árboles

La domesticación es la adopción de plantas en la naturaleza con propósitos específicos o múltiples, su manejo y propagación controlada y, eventualmente, el mejoramiento de sus propiedades valiosas. En Mesoamérica han sido domesticadas numerosas plantas de valor, entre ellas se encuentran algunos árboles frutales que han sido, al menos parcialmente, manejados por el hombre.



Fulvio Eccardi

Las etapas de la domesticación de árboles, de acuerdo con su nivel de complejidad, son:

1) adopción en la naturaleza de plantas valiosas, selección de individuos con cualidades óptimas;

2) determinación del o los métodos de propagación más efectivos, ya sea por medio de semillas o segmentos vegetativos;

3) determinación de las condiciones más favorables para el establecimiento y crecimiento de las plantas;

4) recolección, caracterización, evaluación, diversificación, mejoramiento y conservación del germoplasma disponible de la especie;

5) clonación de individuos con características óptimas, inducción de cambios

en el genoma para optimizar la adecuación de las plantas a ambientes particulares y/o para incrementar su productividad. Eventualmente la domesticación puede llevar a la pérdida de la capacidad de las plantas para sobrevivir en su ambiente natural original.

Preservar la variabilidad genética natural de las especies debe ser una de las prioridades de toda domesticación. Esta variabilidad puede conservarse *ex situ*, por ejemplo, bancos de semillas en los que se almacenen propágulos de varias poblaciones de cada especie. Preferiblemente la conservación de la diversidad genética de las especies debe ser resultado de la persistencia de sus poblaciones en comunidades naturales, por lo que un sistema de reservas de la naturaleza es un complemento importante de la domesticación de especies nativas.

La domesticación de plantas multipropósito trae beneficios para las comunidades rurales, se obtienen ingresos y trabajo por la obtención de productos de consumo para el hogar y las pequeñas industrias, al mismo tiempo que se obtienen efectos favorables en el ambiente. Los productos pueden ser: carbón, leña, madera, gomas, resinas y aceites, materiales para artesanías, medicinas, hongos, frutos comestibles, forraje, fibras materiales de construcción y otros. Entre los efectos ambientales están el control de la erosión, el mejoramiento de la fertilidad del suelo, la mejora del ciclo hidrológico, el control de las inundaciones, la disponibilidad de agua, la protección de la flora y fauna y su hábitat, sombra, protección contra el viento y la lluvia.

Las plantas valiosas para la restauración ecológica que pueden mejorar con el tiempo la calidad de los suelos degradados deberían tener las siguientes cualidades:

1) ser de fácil propagación;

2) resistir condiciones limitantes, como baja fertilidad, sequía, suelos compactados, con pH alto o bajo, salinidad, etcétera;

Cuadro 1. Algunos árboles de usos múltiples encontrados frecuentemente en diferentes agroecosistemas tradicionales del trópico mexicano

Nombre científico	Nombre común	Familia	Usos	Sistemas tradicionales
<i>Acacia farnesiana</i> L. Willd.	Cornezuelo	Leguminosae	Com-M-Ma-Col-Me	Acah-Ma
<i>Adelia triloba</i> Hemsl.(III)	Espino blanco	Euphorbiaceae	Ma-Com-F-T	H.F-Mil-Acah-Ma
<i>Bahuinia divaricata</i> L. (II)	Calzoncillo	Leguminosae	Com-M-Co-Ud-F-Fib-Me	H.F-Acah
<i>Brosimum allicastrum</i> Swartz.	Ojite, ramón	Moraceae	C-M-Co-It-F-Com-O-S-Ma	H.F-Mil-Acah-Ma
<i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg. (III)	Palo mulato	Burseraceae	Cf-Co-It-M-Ma-Ar-Cv-Com-S-F-Ce-Me	H.F-Mil-Acah-Ma-Po
<i>Casearia nitida</i> Jacq.	Café cimarrón	Flacourtiaceae	Co-M-Com-Ce-Me	H.F-Mil-Acah
<i>Cedrela odorata</i> L.	Cedro	Meliaceae	M-Ud-Ar-Ce-Ma-S-Co-Me	H.F-Acah-Ma-Po
<i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn.	Ceiba	Bombacaceae	C-M-Ar-Co-Ma-Cv-S-O-Fib-Ce	H.F-Acah-Ma-Po
<i>Chlorophora tinctoria</i> (L.) Goud.	Moral, morillo	Moraceae	C-Ma-M-F-Col-Co	H.F-Ma
<i>Coccoloba barbadensis</i> Jacq. (III)	Bolíche	Polygonaceae	Com-Co-It	Mil-Acah
<i>Cordia alliodora</i> (R. & P.) Cham.	Laurel	Boraginaceae	Cf-M-Co-It-Ma-Cv-F	Mil-Ma-Po
<i>Crescentia cujete</i> L.	Jícara	Bignoniaceae	Cf-M-Ma-Com-Ud-Ar-Co-Cv-Me	H.F-Mil-Acah-Po
<i>Diospyros digyna</i> Jacq.	Zapote negro	Ebenaceae	Cf-M-Ma	H.F-Ma-Cafetal
<i>Ehretia tinifolia</i> L.	Roble, sauco	Boraginaceae	S-F-M-Co-Com-Ar-Me	H.F-Ma
<i>Enterolobium cyclocarpum</i> (Jacq.) Gr.	Guanacastle	Leguminosae	Cf-Ma-M-Ud-It-Co-Cv-Com-Ar-F-S	H.F-Acah-Ma
<i>Eugenia capuli</i> O. Berg. (III)	Capulín	Myrtaceae	Cf-M-Co-Com-S-Cv-O-T	H.F-Mil-Acah-Ma-Po
<i>Gliciridia sepium</i> (Jacq.) Stendel (III)	Cocuite, mataratón	Leguminosae	C-M-Ma-Co-Cv-Com-S-Me-It-F	H.F-Acah-Po
<i>Guazuma ulmifolia</i> Lam. (III)	Guácimo	Sterculiaceae	Cf-M-It-Ma-Ud-Cv-S-Com-Co-F-A-Me	H.F-Mil-Acah-Ma
<i>Haematoxylon campechianum</i> L.	Palo de Tinta	Leguminosae	Co-Cv-M-Ma-Col-Ar-Me-E	H.F-Ma
<i>Lonchocarpus rugosus</i> Benth (II)	Matabuey	chaperno	Leguminosae	M-Co-It-Col-F-Me Acah-Ma
<i>Manilkara zapota</i> (L.) Van Royen.	Chicozapote	Sapotaceae	Cf-M-Co-Ma-F-Ud-Ar	H.F-Acah-Ma
<i>Metopium brownei</i> (Jacq.) Urban	Chechem negro	Anacardiaceae	F-Ma-M	Acah-Ma
<i>Muntingia calabura</i> L.	Capulín	Elaeocarpaceae	Cf-M-S-Com-Ud-Co-Fib	H.F
<i>Parmentiera edulis</i> DC.	Cuajilote	Bignoniaceae	Cf-M-It-Com-F-S-Ud-Me	H.F-Mil-Acah-Ma-Po
<i>Persea americana</i> Mill.	Aguacate	Lauraceae	Cf-M-S-Co-Ma	H.F-Acah-Ma-Po
<i>Piscidia piscipula</i> (L.) Sarg. (III)	Jabín	Leguminosae	C-Com-Co-F-M-Ma-Ar	H.F-Mil-Acah-Ma
<i>Pithecellobium dulce</i> (Roxb.) Benth.	Guachimol, espino	Leguminosae	Cf-F-Co-Ma-Col-Me	H.F-Ma
<i>Pouteria sapota</i> (Jacq.) Moore & Stearn.	Mamey	Sapotaceae	Cf-Ma-M	H.F-Mil-Acah-Ma
<i>Sapindus saponaria</i> L.	Jaboncillo	Sapindaceae	C-Cv-Com-M-Co-It-Ud-Ar	H.F-Mil-Acah-Ma-Po
<i>Spondias mombin</i> L.	Jobo	Anacardiaceae	Cf-M-Co-Ma-Cv-S-F-It	H.F-Mil-Acah-Ma-Po
<i>Swietenia macrophylla</i> King.	Caoba	Meliaceae	M-Ma-Co-Cv-Ar-Me	H.F-Acah-Ma
<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	Caoba	Meliaceae	M-S-Co-Ma-Ud-Ar	Ma-Po
<i>Tabebuia rosea</i> (Bertol.) DC.	Palo de rosa	Bignoniaceae	M-Co-Ma-S-Cv-Me-It	H.F-Mil-Acah-Ma
<i>Talisia olivaeformis</i> (H.B.K.) Radlk.	Guayo	Sapindaceae	Cf-M-Ma-Com-F-Me	H.F
<i>Tamarindus indica</i> L.	Tamarindo	Leguminosae	Cf-M-Ma-Com-F-Me	H.F
<i>Trichilia havanensis</i> Jacq.	Limoncillo	Meliaceae	M-Co-It-Com-Ud-Ar-Ce-Cv-T	H.F-Mil-Acah-Ma-Po
<i>Vitex gaumerii</i> Grienn.	Crucillo	Verbenaceae	M-Co-It-Ma-Com-F-Me	H.F-Acah

Claves. Usos: C=Comestible; Cf=Frutal; M=Medicinal; O=Ornamental; Co=Construcción; Cv=Cerca viva; S=Sombra; Ud=Uso doméstico; Ma=maderable; Com=Combustible; Ar=Artesanal; Col=Colorante; Ce=Ceremonial; A=Abono; E=Especias, condimentos; F=Forraje; It=Instrumentos de trabajo; T=tutor de vainilla; Me=melífera; Fib=fibra.

Sistemas Tradicionales: H.F=huerto familiar o solar; Mil=milpa (diferentes etapas serales en la vegetación manejada bajo el sistema roza-tumba-quema; Acah=acahuales manejados de diferentes edades (1-40 años); Ma=monte alto manejado (acahuales viejos, más de 40 años); Po=potrero.

Tipos de crecimiento: I=bajo; II=mediano y III=rápido.

Nota: Las especies contenidas en este cuadro no son exclusivamente nativas. Algunas especies provienen de otras regiones neotropicales o de los trópicos del Viejo Mundo.

Fuentes: (Alcorn, 1984; Medellín, 1988; Granich, 1995; Levy *et al.*, 1995; Vara *et al.*, 1995; Barrera, 1980).

3) tener rápido crecimiento y buena producción de materia orgánica como hojarasca;

4) tener alguna utilidad adicional a su efecto restaurador; por ejemplo, producir leña, buen carbón, forraje nutritivo, vainas comestibles, madera y néctar. Al representar un beneficio para la comunidad estas plantas no serían menospreciadas y destruidas;

5) nula tendencia a adquirir una propagación malezosa invasora, incontrolable;

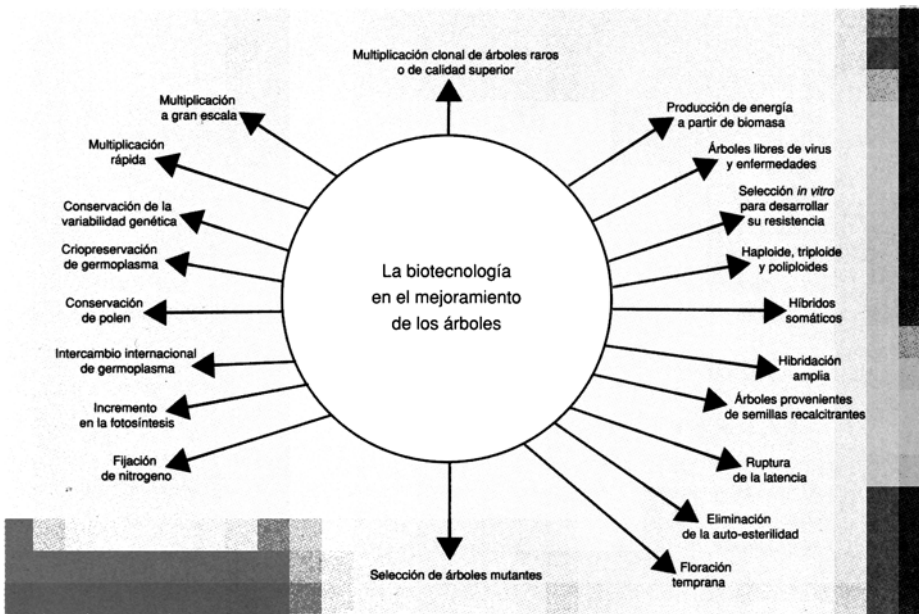
6) presencia de nódulos fijadores de nitrógeno o micorrizas que compensen el bajo nivel de nitrógeno, fósforo y otros nutrientes en el suelo;

7) que tiendan claramente a favorecer el restablecimiento de las poblacio-

Existen en México varios miles de especies leñosas nativas que son potencialmente valiosas para proceder a utilizarlas con los propósitos antes mencionados. Un primer paso sería inventariar los recursos vegetales disponibles, haciendo énfasis en incrementar nuestro conocimiento acerca de las características de las especies y su relación con sus potencialidades de uso, tales como: taxonomía, distribución geográfica, usos conocidos y conocimiento empírico y científico existente, historia de vida, hábitat y ubicación en la sucesión ecológica, resistencia a factores limitantes, capacidad para tolerar suelos pobres, degradados y químicamente alterados, potencialidad reproductiva, etcétera.

un periodo de tiempo muy prolongado, para así lograr fijar y mejorar en las poblaciones aquellas características favorables que buscamos. La revolución biotecnológica ha cambiado totalmente la temporalidad de estos cambios, siendo posible ahora incorporar o acentuar características valiosas en las plantas en poco tiempo. En la figura siguiente, adaptada de la propuesta por Bajab en 1986, se muestran todas las alternativas que proporciona la biotecnología vegetal para el mejoramiento de árboles.

Una de las principales aplicaciones del cultivo de tejidos es la micropropagación de plantas, que resulta particularmente valiosa en especies que no se reproducen fácil o rápidamente por semillas. Otra aplicación es la preservación de germoplasma *in vitro*, que puede sustituir al almacenamiento de semillas en los casos en que éste es difícil o imposible, por ejemplo, plantas con semillas recalcitrantes o especies que se propagan vegetativamente. Las técnicas empleadas para el mejoramiento genético en la actualidad son muy variadas e incluyen: a) variación somaclonal o mutagénesis que se produce a veces, en función de los medios de cultivos, en células provenientes de un mismo tejido y que pueden representar cambios valiosos en el genoma; b) selección *in vitro* de células con ciertas características deseadas y transmisibles a las plantas regeneradas a partir de las mismas, lo que permite acortar los plazos de programas tradicionales de fitomejoramiento en campos experimentales; c) el cultivo *in vitro* de anteras u órganos sexuales masculinos, que permite regenerar plantas haploides (que sólo contienen n cromosomas, es decir, la mitad de los de la planta madre que tiene $2n$). Esto permite obtener, de manera más rápida que en el fitomejoramiento tradicional, plantas homocigotas para líneas puras utilizadas en la producción de semillas híbridas, por ejemplo de arroz; d) el rescate de embriones no plenamente desarrollados que resultan de



nes de elementos de la flora y la fauna nativas proporcionándoles un hábitat y alimento.

Con el tiempo los conglomerados de estas plantas pueden llegar a facilitar de forma natural el reciclaje de nutrientes, preservándose la fertilidad, y en general acercándose gradualmente a la manera como funcionan las comunidades naturales.

La utilidad de la biotecnología vegetal

Actualmente, la revolución generada por el desarrollo de la biotecnología aporta numerosas opciones y alternativas para el manejo de árboles en programas de restauración y reforestación.

El concepto tradicional de domesticación de plantas involucra un manejo y selección de éstas por el hombre en


“cruzamientos amplios” (entre plantas de distintas especies), y que mediante el cultivo *in vitro*, pueden regenerarse, logrando así la introducción de material genético extraño a las especies en experimentación; e) la fusión de protoplastos (células cuya pared celulósica ha sido diluida por vía enzimática), lo que permite obtener híbridos entre especies diferentes y, finalmente, f) la utilización de la ingeniería genética y del ADN recombinante, que resulta de la aplicación de la biología molecular y permite la introducción de genes específicos previamente identificados (resistencia a la sequía, alcalinidad y a plagas, rendimiento, tamaño, etc.). El ADN_r requiere el cultivo de tejidos y particularmente la fusión de protoplastos para generar las nuevas plantas. Es la técnica más sofisticada de la Nueva Biotecnología y requiere investigaciones básicas en el campo de la biología molecular, la fisiología, la bioquímica y la genética de plantas superiores. Hay además otros procedimientos biotecnológicos que permiten obtener plantas libres de virus, desarrollar cultivos en biorreactores para la producción de compuestos secundarios de plantas, la producción masiva de semillas genéticamente homogéneas a partir de cultivos de embriones de origen somático o zigótico, etc.

Las unidades e instituciones de investigación en el campo de la biotecnología vegetal en México suman alrededor de 38. Es importante señalar que las instituciones que participan en este campo de investigación cubren un espectro amplio, desde un laboratorio en el interior de un departamento, hasta un centro de investigación dedicado casi totalmente a ello.

El mejoramiento genético de plantas practicado en México se orienta a producir variedades libres de virus y desarrollar resistencia a algunas plagas, enfermedades y a condiciones adversas del medio ambiente como salinidad, sequía, choque térmico (mejoramiento

de características deseables). A mediano o largo plazo, se prevé la creación de plantas resistentes a la sequedad o la salinidad del suelo, lo que permitirá ampliar las superficies cultivables del país en varios millones de hectáreas. Asimismo, la capacidad de fijación de nitrógeno de las plantas puede mejorarse, ya sea por la mejora de la simbiosis planta-microorganismo o por inserción de genes fijadores de nitrógeno de los microorganismos a las propias plantas, lo que de tener éxito, disminuiría el fuerte consumo de abonos nitrogenados que requiere la agricultura moderna. Este aspecto se está trabajando ya en árboles multipropósito del género *Leucaena* y se inicia en *Prosopis*.

Conclusiones

México tiene todo lo que se requiere para iniciar un programa a gran escala de adopción y mejoramiento de especies nativas para la restauración y la reforestación: abundantes especies de árboles nativos, conocimientos empíricos y prácticos de la población humana de las diferentes zonas ecológicas, conocimiento científico acerca de muchas especies, instituciones de investigación, personal científico preparado y un gran campo de experimentación, diverso y heterogéneo que es todo el país. 

Bibliografía

Arriaga, V., V. Cervantes y A. Vargas-Mena. 1994. *Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas*. Instituto Nacional de Ecología, Sedesol/UNAM, México.

Casas, R. 1993. *La investigación biotecnológica en México: tendencias en el sector agroalimentario*. Colección Problemas Sociales, Instituto de Investigaciones Sociales, UNAM, México.

Cervantes, V. 1996. *La reforestación en la montaña de Guerrero: una alternativa con leguminosas nativas*. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Gómez-Pompa, A. 1985. *Los Recursos Bióticos de México (Reflexiones)*. Editorial Alhambra Mexicana, México.

Vázquez-Yanes, C. y A. Orozco-Segovia. 1989. *La destrucción de la naturaleza. La ciencia desde México 83*, Fondo de Cultura Económica, México.

Vázquez-Yanes, C. y V. Cervantes. 1993. Estrategias para la reforestación con árboles nativos de México. *Ciencia y Desarrollo* 19(113): 52-58.

Vázquez-Yanes, C. y A.I. Batis. 1996. Adopción de especies nativas valiosas para la restauración y la reforestación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 58 (en prensa).

Vázquez-Yanes, C., A. Orozco-Segovia, M.E. Sánchez-Coronado, M. Rojas y V. Cervantes. 1996. *La reproducción de las plantas: semillas y meristemas*. La ciencia desde México, Fondo de Cultura Económica, México (en prensa).

Carlos Vázquez-Yanes y Ana I. Batis: Centro de Ecología, UNAM.



Hnos. Mayo. AGN. 1974