



Reforestación de las dunas

La reforestación y cuándo se debe emplear
Los matorrales, selvas y bosques de las dunas costeras
¿Por qué se necesitan matorrales, bosques y selvas sobre las dunas?

Las especies arbóreas de las dunas costeras
Reforestación de las dunas costeras

Experiencia de reforestación

¿Por qué no se siembran más árboles?



Foto: M.L. Martínez

Patricia Moreno-Casasola
Dulce Infante-Mata,
Ileana Espejel
Ma. Luisa Martínez



La reforestación y cuándo se debe emplear

La reforestación es la actividad mediante la cual se establece vegetación arbórea en terrenos con aptitud forestal. Consiste en plantar árboles donde ya no existen o quedan pocos, así como su cuidado para que se desarrollen adecuadamente. En México se creó el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) que depende de la CONAFOR y tiene como objetivo la recuperación de la superficie en donde la vegetación natural se ha perdido. Lamentablemente, nuestro país sigue estando deforestado a pesar de los programas de gobierno (como los instrumentados por CONAFOR) o algunas iniciativas comunitarias, y las dunas no escapan a esta situación. Los bosques son explotados debido a la gran cantidad de bienes que aportan. La Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable (2003) define el aprovechamiento forestal como la extracción de los recursos forestales del medio en que se encuentran, incluyendo los recursos maderables y los no maderables. Los primeros son aquellos formados por las especies leñosas susceptibles de aprovecharse. Los recursos forestales no maderables constituyen todas las partes no leñosas de las especies de un bosque, selva o matorral como pueden ser las hojas, el néctar que toman las abejas para producir miel, el suelo, los hongos, etc. Cuando se sobre-explotan, los bosques se pierden y degradan.

La pérdida de la cubierta arbustiva y arbórea tiene consecuencias importantes, tanto a nivel ambiental como de la propia sociedad. La deforestación hace que se incremente la erosión del suelo y la desestabilización de las capas freáticas, lo que a su vez provoca las inundaciones o sequías. Se reduce la biodiversidad de los ecosistemas, perdiéndose especies de plantas y animales, a pesar de que muchos de ellos constituyen recursos económicos importantes para las poblaciones locales. También produce alteraciones climáticas como el calentamiento global. Hoy en día, la sociedad ha reconocido la importancia de los matorrales, bosques y selvas en la recuperación del propio manto freático, en la protección de los arroyos y ríos, en la prevención de los deslizamientos y la erosión, en el control del clima y en la economía de las comunidades rurales. Por todo ello, ningún matorral, bosque o selva debe perderse; es importante mantener lo que aún queda y recuperar la cubierta vegetal.

Los matorrales, selvas y bosques de las dunas costeras

Las dunas costeras de México están cubiertas por diferentes tipos de vegetación, en su mayoría por matorrales y sólo unas pocas presentan una cobertura de bosques y selvas. Algunas carecen de esta cubierta forestal por causas naturales (por ejemplo, el aporte de arena no ha permitido la estabilización, están en una fase erosiva, o bien el clima no lo permite). Otras no tienen matorrales, bosques o selvas debido a las actividades humanas (tala, pastoreo, quema).

Las dunas costeras en las que se establecen matorrales son aquellas que se encuentran ubicadas en las zonas más secas del país como la Península de Baja California, Sonora y Tamaulipas; ahí predomina la cubierta herbácea con matorrales o bien matorrales con árboles bajos y cactáceas que tienen usos artesanales y ornamentales. Los principales usos de estas especies son no maderables, entre ellos los medicinales, apícolas, artesanales, etc. En las costas de los desiertos del noroeste de México se pueden ver grandes cactáceas que no hay en ninguna otra zona del país. En la Península de Yucatán se establecen selvas bajas con palmas y el principal uso es la producción de miel, elaboración de artesanías con las semillas de las palmas, uso de hojas para techos de casas, entre otros. Las palmas nativas (no de coco) son las especies características de las costas con influencia caribeña. En los estados costeros del centro del Pacífico hay muy pocas dunas y predominan los matorrales y palmares de coco. En algunas dunas de Oaxaca y Chiapas se establecen selvas con elementos semejantes a los de Veracruz, por lo que hay usos forestales maderables y no maderables de sus especies. En estas zonas hay algunos árboles que llegan a establecerse en las playas como individuos aislados que proporcionan sombra o formando parches extensos como *Hippomane mancinella* (manzanilla, manzanilla de la muerte), *Hibiscus pernambucensis* (majahua) y *Conocarpus erectus* (mangle botoncillo). Cuando estos árboles forman manchones en las depresiones de las dunas o detrás de éstas, generalmente constituyen selvas inundables.

Las especies de árboles de las dunas costeras constituyeron y lo siguen siendo, recursos importantes para las poblaciones locales, no solamente por su madera sino también por los productos comestibles y medicinales que se obtienen de ellos (Moreno-Casasola y Paradowska, 2009). Se acostumbra seguir extrayendo y talando árboles, no solamente en grandes superficies, sino también para el uso diario, sin hacer un esfuerzo por recuperarlos. Los bosques son un recurso limitado y la generación actual que hace uso de este recurso debe modificar actitudes e iniciar la recuperación de los bosques mexicanos. Análisis recientes de todos los bosques de México estiman que se perdieron, entre 1976 y 1993, una superficie de 29,765 km² de bosques (superficie equivalente al estado de Guanajuato) de muy diversos tipos. Entre 1993 y 2000 se perdieron 54,306

km² (superficie equivalente al estado de Campeche) (Velásquez et al., 2002; WWF, 2013). Estos autores indican que la tasa de deforestación aumentó del primer al segundo periodo, de 175,000 hectáreas a 2,319,000 ha anuales. Esta tendencia general a la deforestación también se puede apreciar en las dunas. Seingier et al. (2009) en un estudio a una escala muy gruesa, calculan que se perdió el 14% de la vegetación de dunas entre los 70 y el 2000, pero mencionan sitios puntuales donde la pérdida fue casi total (Cancún, como el ejemplo más notorio). La sustitución de selvas, bosques y matorrales ha sido histórica, principalmente por grandes extensiones de cocotales (en Yucatán por el henequén) y pastos ganaderos; por desarrollos puntuales como los puertos, poblados y ciudades, y por la construcción de fraccionamientos turísticos y residenciales, así como actividades recreativas relacionadas (motos y vehículos para todo terreno). Otra forma de perder diversidad, además de la remoción de las especies, es por la invasión de malezas. Para los proyectos de reforestación es importante conocer el origen de las malezas y la dinámica de las mismas (Jørgensen y Kollmann, 2009), así como la disminución del manto freático y calidad del agua (Nordstrom y Lotstein, 1989).

En el proyecto de la flora de dunas de CONABIO (Espejel et al., 2013) se reportaron como usos principales de las plantas de dunas el artesanal, como combustible, para consumo humano, como material para la construcción, como papel o textil, para uso medicinal y uso mágico-religioso. Además, hemos visto que algunas especies son hábitat de insectos y otros animales pequeños. Pero su principal uso es como fijadoras de la arena de dunas y la asociación con las micorrizas (hongos que están en las raíces y que les permite utilizar los nutrientes del suelo) es una cualidad que, como se mencionó en el capítulo 10 de restauración, es muy importante para proyectos de este tipo. Un estudio realizado en Veracruz registró 18 usos para los árboles de las dunas, siendo los más frecuentes la construcción de casas, postes y cercas vivas, leña y comestibles. Entre las 55 especies registradas, las más mencionadas fueron *Cedrela odorata* (cedro), *Diphysa robinoides* (cuyo nombre actual es *Diphysa americana*) (quebracho o palo amarillo), *Enterolobium cyclocarpum* (orejón o guanacaste), *Bursera simaruba* (palo mulato), *Gliricidia sepium* (cocuite o flor de San José), *Tabebuia rosea* (roble, palo de rosa), *Chrysobalanus icaco* (icaco), *Guazuma ulmifolia* (guazimo), *Acacia cochliacantha* (espino blanco), *Brosimum alicastrum* (ramón, ojite), *Bumelia celastrina* (pionche), *Cocos nucifera* (coco), *Maclura tinctoria* (moral, palo moro), *Piscidia piscipula* (jabín), *Spondias mombin* (jobo, ciruela amarilla) y *Ficus* spp. (higuera) (Moreno-Casasola y Paradowska, 2009).

¿Por qué se necesitan matorrales, bosques y selvas sobre las dunas?

Las plantas son los únicos organismos sobre la tierra (aparte de algunos grupos de bacterias) que utilizan la luz del sol como fuente de energía y el CO₂ de la atmósfera para formar biomasa y crecer. Este proceso llamado fotosíntesis se define como la conversión de materia inorgánica en materia orgánica gracias a la energía que aporta la luz del sol. Todos los animales, incluyendo ser humano, usamos las plantas y otros animales para alimentarnos, formar materia orgánica o biomasa y crecer, ya que no tenemos ninguna función que haga lo mismo que la fotosíntesis. Además, las plantas producen oxígeno que nos permite respirar. Por tanto son la base de la vida animal en la tierra. Al ser la base de la alimentación del humano (maíz, trigo, frijol, calabaza, arroz) también han sido lo que sostiene a nuestras sociedades y culturas.

Además de la alimentación, las plantas, tanto hierbas como arbustos y árboles, también forman la base de muchos de los servicios ambientales que nos proveen los ecosistemas: por ejemplo la filtración del agua en los humedales, la acumulación de carbono en el suelo de selvas y humedales, la materia orgánica degradada producida por hojas y ramas que llega a las lagunas y alimenta los peces y mariscos que forman las pesquerías. En el caso de las dunas, las plantas ayudan a estabilizarlas y mantener la acumulación de sedimentos que sirve de protección a la zona costera. Las plantas de las dunas también ayudan a estabilizar la arena, ya que soportan el enterramiento, algunas hasta por 80 cm de arena en un año. Además, son las primeras en recibir el viento y la salinidad que éste acarrea y reducen su energía (y la cantidad de sal), de modo que cuando avanza hacia el interior, lleva menos fuerza y produce menos impactos negativos. Las plantas de las dunas también proporcionan recursos como leña y carbón, fibras, postes para cercas, madera para utensilios, medicinas, miel, alimento para ganado, entre otros productos, como se mencionó anteriormente. Por tanto, la cubierta vegetal de las dunas, tanto herbácea como leñosa, tiene gran importancia.

Los matorrales, selvas y bosques también protegen a las comunidades asentadas en la planicie costera, así como a sus actividades económicas. Son barreras contra el viento que protegen casas, cultivos y plantaciones, así como animales domésticos. Las selvas y los bosques enriquecen el suelo con micorrizas, con bacterias fijadoras de nitrógeno y con materia orgánica. Ayudan a enriquecer la arena haciendo que cada vez tenga



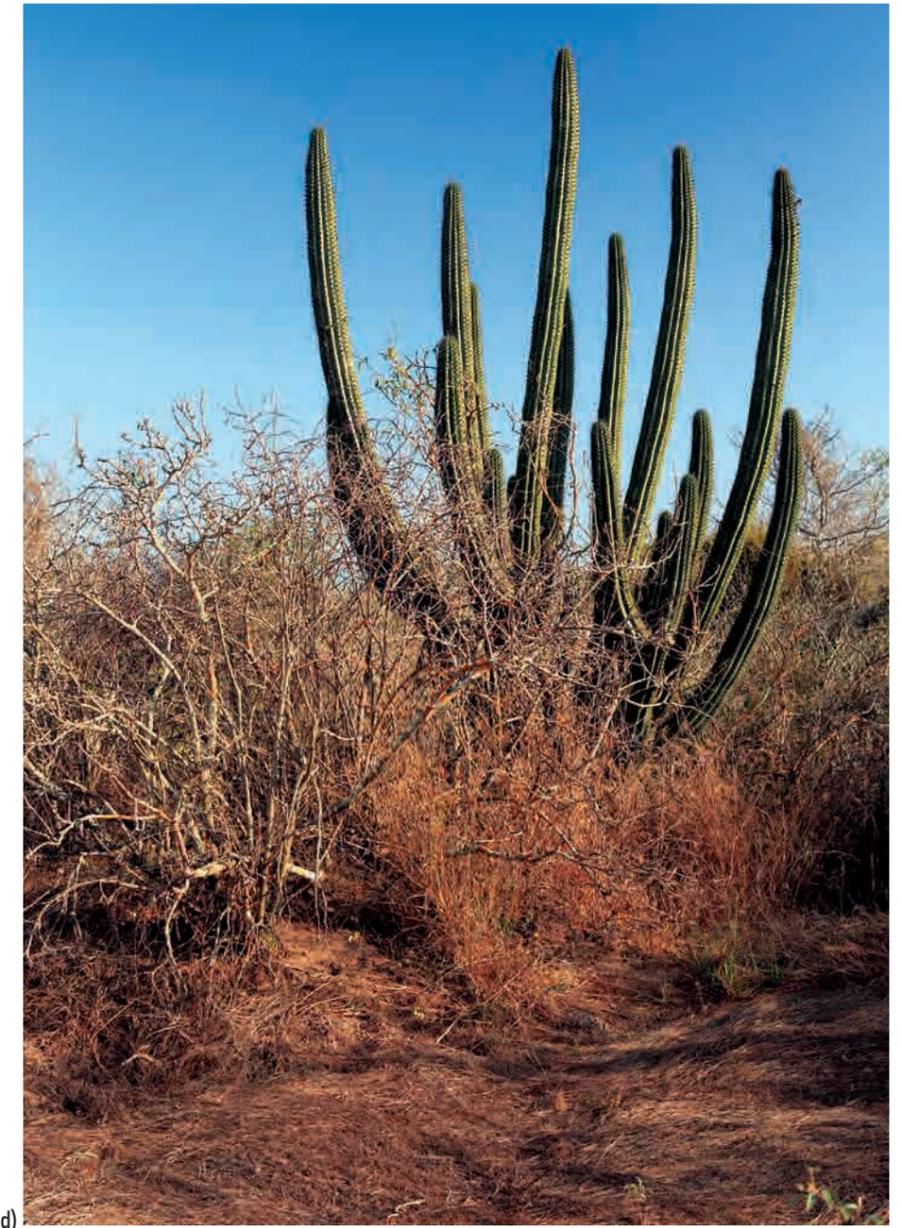
▲ a)



▲ b)



▲ c)



▶ d)

▶ figura 1.

a) Selva de *Coccoloba uvifera* en las dunas de Tamiahua. b) selva de *Manikara zapota* en las dunas de Tamiahua, c) Matorral costero con palmas de *Thrinax radiata* y *Coccoloba uvifera* en la Península de Yucatán, d) matorral con cactáceas columnares en Sinaloa, e)???

(Fotos: Gerardo Sánchez Vigil)

más nutrientes y retenga más agua. Hoy adquiere gran valor la conservación de los pocos remanentes de bosques y selvas que quedan y se requiere incrementar su superficie en aquellas dunas que son aptas para soportar una cubierta arbórea. Hay gran variabilidad entre las especies que forman los matorrales, selvas y bosques y nunca sabremos qué especies las formaban, cuál era la estructura y el funcionamiento de las que se han perdido. En la figura 1 aparecen imágenes de varios ejemplos de matorrales, bosques y selvas sobre dunas costeras, la mayoría de los cuales están representados solamente por manchones remanentes, y en peligro de desaparecer tanto por su transformación a usos agropecuarios como para desarrollos turísticos.



► e)

► Las especies arbóreas de las dunas costeras

Hay una gran riqueza y tipos de especies en las dunas. Cada una tiene su papel en el ecosistema y son importantes independientemente de su valor económico o utilitario. Las especies pioneras (hierbas y arbustos) inician la fijación y estabilización de la arena. ¡Son las únicas que pueden garantizar que la estabilización va a ser exitosa, pues son las únicas especies capaces no solamente de tolerar, sino de crecer mejor cuando son enterradas por arena! Como se explicó en el capítulo 10, estas especies pioneras facilitan

la colonización y establecimiento de aquellas que no toleran las condiciones ambientales extremas de la arena desnuda. Los árboles y arbustos se establecen cuando las condiciones son favorables para su crecimiento y supervivencia.

La formación de las selvas sobre las dunas costeras da inicio en los núcleos de especies leñosas. Algunos árboles son más importantes que otros para formar estos núcleos o puntos donde otras especies leñosas pueden encontrar condiciones más favorables para establecerse y crecer, además de tolerar condiciones ambientales relativamente limitantes como lo son las temperaturas extremas, escasez de nutrientes, poca disponibilidad de agua y movimiento de arena moderado. Estas especies nucleadoras son eficientes para acumular restos de hojas y tallos que proporcionan materia orgánica y nutrientes al suelo, retener humedad en el suelo y fomentar el crecimiento de microorganismos como micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno que promueven el crecimiento de las plantas. Ejemplos de especies leñosas nucleadoras son el quebracho o amarillo (*Diphysa americana*), el icaco (*Chrysobalanus icaco*), la tronadora o San Francisco (*Tecoma stans*), la crucetilla (*Randia* spp.), el espinillo blanco (*Acacia cochliacantha*), el huisache (*Acacia farnesiana*), el mezquite (*Prosopis* spp.) y el nopal (*Opuntia stricta*). Generalmente los primeros núcleos se forman en las partes más bajas y protegidas del viento, donde también se acumula mayor humedad. Posteriormente, se establecen más arbustos y árboles en los núcleos de manera que se forman estos matorrales o acahualles, los cuales se van enriqueciendo con especies que son más frecuentes en las selvas. Las primeras especies que forman el núcleo atraen sobre todo aves (también murciélagos y otros animales que dispersan semillas, como los ratones y las hormigas) que se posan sobre las ramas para descansar y alimentarse de frutos que a su vez dispersan y defecan en el siguiente núcleo. Este es el caso del palo mulato (*Bursera simaruba*), el laurelillo (*Nectandra* spp.), el guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), entre otros. En cada región serán diferentes especies nucleadoras y conjuntos distintos de especies los que se puedan usar para la reforestación (Infante Mata, 2001; Castillo-Campos y Medina, 2002; Moreno-Casasola y Vázquez, 2006).

En general, las especies arbóreas que mayor interés económico tienen para los pobladores, frecuentemente aparecen más tarde en estos acahualles. Por ello, muchas veces es necesario que el sistema de dunas esté listo (desde el punto de vista de cantidad de nutrientes y micorrizas que tiene la arena, del grado de estabilización y de la cantidad de humedad que retiene) para recibir a estas especies. La figura 2 muestra imágenes de algunas de las especies que tienen mayor interés económico para los pobladores y que se establecen en las dunas. En cada región donde hay dunas, los pobladores deben tener sus listas de especies útiles con las que se desea reforestar.

▲ figura 2.
Imágenes del a) cedro (*Cedrela odorata*), b) el icaco (*Chrysobalanus icaco*) y c) el roble (*Tabebuia rosea*). (Fotos: Gerardo Sánchez Vigil)



▲ a)



▲ b)



▲ c)

Reforestación de las dunas costeras

Como se sabe poco y tenemos muy escasas experiencias de reforestación en México, es muy importante considerar que cada proyecto es un experimento y publicar los resultados, para incrementar el conocimiento de la flora y vegetación de las playas y dunas del país.

Hay tres principios que debemos mantener siempre en mente. El primero es que no todas las dunas necesitan ser reforestadas. Las dunas móviles tienen un papel muy importante en la dinámica de las playas y de las costas, y deben mantenerse móviles, a menos que esté plenamente justificada su fijación. Segundo, las dunas costeras son importantes para la sociedad por sus recursos forestales, pero también y sobre todo, por sus servicios ambientales de protección. Por ello el aprovechamiento forestal debe hacerse bajo un esquema de manejo sustentable, donde se garantice el funcionamiento de protección que brindan las dunas, además del aprovechamiento de los recursos maderables y no maderables a largo plazo.

El tercer principio es que los principales usuarios de la vegetación de las dunas son los pobladores locales. Los suelos arenosos de las dunas, pobres en su contenido de nutrientes y capacidad de retención de agua, difícilmente podrán sostener una plantación forestal competitiva económicamente con otras plantaciones sembradas en condiciones más favorables. Sin embargo, sus recursos son de gran valor para las comunidades asentadas en los alrededores. La leña se torna en un recurso importante de nuevo, debido al precio del gas, y la ganadería extensiva sigue siendo una fuente de ingreso económico para las familias rurales. Por ello, los pobladores prefieren una etapa sucesional avanzada en las dunas y la mantienen como tal, es decir, un estadio en el que las dunas estén estabilizadas con pastos y leguminosas que puedan ser usados por el ganado pero que también estén presentes manchones de vegetación arbórea que les proporcionen otros recursos.

Antes de comenzar un proyecto de reforestación es necesario contar con un listado de plantas donde las especies nativas se distingan de las exóticas. A partir de este listado se podrá elegir las especies accesibles en viveros o las que requieren incluirse como parte del experimento.

A grandes rasgos, la reforestación de sistemas dunares se consigue a través de siete pasos básicos (modificado de Moreno-Casasola et al., 2010) (figura 3)

1. Análisis sobre la necesidad de acciones de reforestación
2. Planteamiento de los objetivos de la reforestación
3. Selección de la zona de reforestación y preparación del terreno
4. Selección y propagación de especies

1. Necesidad 2. Objetivos de reforestar	3. Selección y preparación del terreno	4. Selección y propagación de especies	5. Trasplante a las dunas	6. Protección, divulgación 7. Seguimiento a largo plazo
Necesidad Es importante definir si es necesaria la reforestación o si las dunas son naturalmente móviles. En este caso, se debe conservar su movilidad. Objetivos Al establecer los objetivos de la reforestación se puede establecer el calendario de trabajo, buscar financiamiento.	Selección Se deben elegir zonas donde sea posible el desarrollo de una vegetación leñosa: en las zonas bajas de las dunas o en las orillas de vegetación leñosa previamente existente. Preparación Analizar si es necesaria la preparación del terreno a reforestar; si se necesita formar cortinas rompevientos o plantar árboles nucleadores.	Selección Se hace a partir de información de sistemas de dunas cercanos o de la literatura especializada. También se puede sembrar otras especies de interés para los usuarios o pobladores, siempre y cuando se trate de especies que habiten naturalmente en las dunas. Propagación Se debe conocer y planear la temporada de obtención de propágulos, colectarlos y propagarlos en invernaderos.	Trasplante Las plantas deben medir 20cm de altura o más y tener raíces bien desarrolladas. En zonas protegidas del sol y viento, en la temporada de lluvias. Se deben regar en un inicio y se recomienda el uso de hidrogel, para mantener la humedad.	Protección La zona reforestada se protege contra el pisoteo y consumo por grandes herbívoros. Información Si es reforestación pública, debe haber información para que los visitantes conozcan el proyecto y la importancia de conservar las dunas costeras. Seguimiento Es clave para poder detectar problemas potenciales y controlarlos.

figura 3.

Pasos que se deben seguir para la reforestación de dunas costeras. En el texto se explica cada paso con detalle.

5. Trasplante a las dunas
6. Protección del sitio y divulgación
7. Seguimiento a largo plazo

Análisis sobre la necesidad de acciones de reforestación.

En primer lugar es importante preguntarse si de verdad la duna necesita ser reforestada, porque es posible que sea móvil naturalmente. Al mantener su movilidad, las dunas conservan su dinamismo, sus especies características y ofrecen protección a las costas, como ya se ha mencionado anteriormente.

La reforestación de las dunas está conformada por varias etapas, que pueden ser aceleradas por la intervención humana. Sin embargo, la aceleración del proceso no debe eliminar etapas, ya que sin alguna de ellas es muy probable que no tenga éxito la plantación o enriquecimiento de la siembra arbórea. Habrá una supervivencia muy baja de plántulas sembradas y una pérdida económica para los promotores (Moreno-Casasola et al., 2010). La reforestación es una etapa avanzada de la restauración (ver Cap. 10), por lo que es necesario cubrir algunos pasos antes de iniciar un proyecto de reforestación en las dunas: a) definir si se hace una restauración activa o pasiva; b) eliminar o controlar

los factores que originaron la degradación; c) recuperar la estructura topográfica del cordón dunar a restaurar y; d) revegetar con especies pioneras (herbáceas y rastreras) de dunas. Una vez que estos pasos han sido cubiertos, se puede continuar con el esfuerzo de reforestación.

Planteamiento de los objetivos de la reforestación.

Cuando se determina la necesidad de las acciones de reforestación, es importante definir cuáles son los objetivos de ésta. Una vez que se tiene una idea clara de los objetivos a cubrir, es necesario desarrollar un plan de trabajo. En la figura 3 aparece un conjunto de pasos que permitirán elaborar una secuencia de actividades y un calendario de trabajo, pues es importante aprovechar la época de lluvias cuando se trabaja con plantas. Los objetivos de la reforestación pueden ser de distintos tipos y de ello dependerá el conjunto de especies a utilizar. El objetivo puede ser por ejemplo incrementar las especies que proporcionan leña a la comunidad, o las que se usan para elaborar artesanías o alimentar al ganado, o solamente incrementar la riqueza de especies leñosas del sitio.

Selección de la zona de reforestación y preparación del terreno.

La primera etapa de la reforestación consiste en asegurar que existan las condiciones necesarias para que las plántulas de los árboles que se siembren puedan crecer. Es importante conocer el grado de estabilización del sistema y determinar si las condiciones ambientales favorecen el establecimiento de árboles. Primero se establece si es necesario revegetar (capítulo 10) o si las condiciones ambientales permiten que se proceda con la reforestación. Cuando se analiza el entorno se definen las zonas del sistema de dunas donde son indicadas las acciones de reforestación. Es recomendable establecer las zonas de reforestación en lugares adecuados como son las partes bajas de las dunas, cercanas al manto freático o en las orillas de los manchones de selva o matorral. Sin embargo, algunas especies pueden crecer bien directamente bajo la luz solar.

En esta etapa es importante analizar si es adecuado iniciar por la etapa de reforestación en el sistema que se va a trabajar o si primero es necesario fortalecer la estabilización del sistema, por ejemplo en las pendientes. Se analiza la necesidad de preparar el terreno eliminando especies exóticas o sobreabundantes; creando cortinas rompevientos o bien plantando árboles nucleadores.

Preparación del terreno

Si la duna está invadida por una especie vegetal exótica sumamente competitiva y densa, como sucede con el dedito (*Carpobrotus edulis*) en Baja California, es necesario primero deshacerse de ella. En algunos sitios del mundo (Moretti, 1939) y en el noroeste de Mé-



▲ figura 4.
Foto del dedito (*Carpobrotus edulis*) en Punta Banda, Baja California.
(Fotos: Gerardo Sánchez Vigil)

algunas experiencias negativas con conejos en California y Baja California que habrá que incluir en los experimentos de reforestación de dunas del país.

En las circunstancias particulares como la del dedito (*Carpobrotus edulis*), para restaurar y/o reforestar, es necesario empezar con un plan de erradicación de especies de fauna y flora exótica (o nativa) o de reducción de sus poblaciones. Habiendo erradicado las plantas exóticas y la fauna nociva, es conveniente hacer análisis de suelos, determinar si hubo incendios, si se agregaron herbicidas, y especialmente analizar si hay presencia de micorrizas. Estos hongos son fundamentales para que las plantas puedan crecer bien. En cada región hay hongos específicos, por lo que no se pueden inocular micorrizas de una región a otra, solo de sitios cercanos entre sí. En los experimentos más exitosos de California se han desarrollado estudios para evitar que el dedito invada de nuevo las dunas restauradas (Kim, 2002) y estas recomendaciones son las que habría que seguir en Baja California para la restauración/reforestación de las dunas.

Cortinas rompe-vientos.

Para proteger la plantación forestal y favorecer el establecimiento y crecimiento de las plantas, a veces es necesario establecer barreras que ofrezcan protección contra el viento y contra la abrasión por arena. Esta protección se puede obtener por medio de cortinas rompe-vientos. Algunos arbustos pueden funcionar como cortinas protegiendo a las plantas del segundo cordón de dunas hacia tierra adentro. Ejemplos de algunas especies que pueden funcionar como rompe-vientos son: *Scaevola plumierii* (chunup), arbusto de hojas muy gruesas que se encuentra en el Caribe y también en otras playas tropicales del Pacífico sur; *Coccoloba uvifera* (uvero de playa), *Tournefortia gnaphalodes* (tabaquillo) y *Suriana maritima* (tabaquillo) que son arbustos de follajes densos y crecen en Campeche, Yucatán y Quintana Roo. *Coccoloba uvifera* también es importante en el norte de Veracruz y *Coccoloba humboldtii* (uvero) y *Randia* spp. (crucetilla) en el centro de este estado. *Conocarpus erectus* var. *sericeus* (mangle botoncillo, aunque es una variedad distinta de la misma especie que se diferencia por el color de las hojas) juega este papel en algunas zonas de Oaxaca. Es necesario sembrar estas especies antes de sembrar las de las crestas o cimas de las dunas, que es donde el viento es más fuerte. Otras especies nativas como las mencionadas en el párrafo anterior no son accesibles comercialmente y hay que empezar desde reproducirlas en el vivero para poderlas utilizarlas.

Una especie exótica que se ha sembrado por todas las costas es *Casuarina equisetifolia*, pino de mar o simplemente casuarina. Es una especie australiana introducida en México y que es muy apreciada en las zonas rurales. Crece muy rápidamente, es fijadora de nitrógeno y logra establecerse en la zona de dunas embrionarias y en la duna frontal. Es muy usada también porque se puede obtener en los viveros. El uso de casuarina presenta diversos inconvenientes por lo que no se recomienda. Entre los problemas que presenta es que las hojas que produce y tira no se descomponen fácilmente, por

xico se insiste en reforestar con esta especie pero por su carácter de maleza luego es un gran problema eliminarla; hasta se han usado herbicidas para su eliminación (Guerreiro, 1977). Aunque la eliminación de las especies exóticas puede ser muy laboriosa y generalmente lleva varios meses lograrlo, dependiendo de la cantidad de masa vegetal que haya y el tipo de reproducción de las especies invasoras, es importante considerarlo en el plan de acción y sobretodo en la imagen objetivo, ya que a veces no será posible erradicar la maleza pero sí disminuir su impacto negativo y controlarla. En el caso de que se trate de especies invasoras que requieren sol para su crecimiento, y que sea necesario eliminarlas, entonces es probable que la sombra de la reforestación sea suficiente y sólo tendrán que eliminarse en los alrededores de la zona de siembra de la planta.

En algunos países el impacto de *Carpobrotus edulis* es débil y no afecta la diversidad (Maltez-Mouro et al., 2010), pero en algunos otros ocurre totalmente lo contrario (Novoa et al., 2013), lo que coincide con lo que se ha observado en Punta Banda, península de Baja California. Aquí, los datos indican que en 20 años la diversidad de una barra are-

nosa disminuyó después de la introducción del dedito como especie ornamental y fijadora de arena frente a las casas vecinas al área protegida (Espejel datos no publicados). La idea de explicar las dificultades para la restauración y reforestación de dunas cuando la vegetación ha sido sustituida por malezas, es para enfatizar la necesidad de prevenir al máximo posible la introducción de este tipo de especies.

Cuando el experimento de reforestación comienza en este tipo de ambientes invadidos, es fundamental asegurarse que al retirar la planta invasora no se promueve la desestabilización del sistema de dunas. Asimismo, es importante analizar la presencia de la fauna existente. Por ejemplo los animales domésticos, como las cabras y conejos, prefieren alimentarse de las plantas nativas de las dunas. A veces ocurre que especies vegetales o animales nativas incrementan sus poblaciones de manera desmedida y entonces se genera un problema de sobredominancia, modificándose así el ecosistema. Para atender los problemas de plagas, en California se han hecho estudios de monitoreo de artrópodos (Mattoni et al., 2000) y en el capítulo 10 de restauración se mencionan

lo que no ayudan a incorporar materia orgánica a la arena, pero sobre todo, sus hojas liberan sustancias llamadas alelopáticas, que impiden el establecimiento y crecimiento de otras especies nativas propias de dunas. La alelopatía es un fenómeno biológico en el que un organismo produce uno o más compuestos químicos que afectan el crecimiento, supervivencia o reproducción de otros organismos. Además la casuarina es una especie que utiliza mucha agua y la absorbe del manto freático, provocando que las especies nativas no tengan acceso a este recurso (Cramer et al., 1999). Tiene un fuerte potencial invasivo, pudiendo fácilmente dispersarse a otras áreas y eliminar la flora y la fauna nativa. Excepcionalmente, cuando se requiere estabilizar o formar una cortina rompe-vientos rápidamente, se puede utilizar esta especie. Sin embargo, una vez estabilizadas las crestas de las dunas frontales se deben remover los individuos de casuarina utilizados como cortina rompe-vientos.

Formación de núcleos arbóreos

Una vez estabilizadas las dunas y con una cobertura vegetal que ha mitigado las condiciones extremas de la arena en movimiento, se puede iniciar la reforestación. Esta etapa da inicio con la formación de núcleos de matorrales a partir de los cuales se siguen modificando las condiciones del suelo, para que otras especies menos tolerantes puedan establecerse. Por lo general, las especies formadoras de núcleos crecen a gran velocidad y en condiciones de exposición directa al sol, como es el caso del cocuite (*Gliricidia sepium*), y más lentamente el palo amarillo (*Diphysa americana*) y el apachite (*Sabal mexicana*), *Chrysobalanus icaco*, *Tecoma stans*, *Randia spp.*, *Acacia cochliacantha*, *Acacia farnesiana*, *Opuntia stricta*. Otras especies adicionales también pueden usarse para formar núcleos, siempre y cuando reciban los cuidados necesarios. La observación de lo que ocurre de manera natural en la zona ayudará a seleccionar las especies. Una forma de acelerar la sucesión de las dunas y poder contar con especies arbustivas o arbóreas más rápidamente es establecer estos núcleos de vegetación. Aunque para algunas regiones no se sepa actualmente cómo crecen estas especies, los proyectos de CONAFOR pueden ser experimentos para ensayar técnicas para reproducirlos en viveros y en el campo. Especies de crecimiento más lento y que se ven favorecidas por condiciones de sombra (como el palo de rabia, *Karwinskia humboldtiana*), requieren establecerse primeramente bajo árboles y arbustos nucleadores (figura 5). En las dunas del desierto no se han hecho este tipo de experimentos por lo que son muy necesarios y urgentes para proyectos de reforestación en estos ambientes.

► figura 5.
a) Cocuite (*Gliricidia sepium*), y b) palo amarillo (*Diphysa americana*).
(Fotos: Gerardo Sánchez Vigil)



▲ a)

Selección y propagación de especies.

¿Cuáles son las especies adecuadas para reforestar? Como se mencionó anteriormente, se sugiere tener un listado de la flora local diferenciando entre las especies nativas y exóticas. También es necesario visitar dunas cercanas para observar cómo es la vegetación original, cuando no hay disturbios. Los sitios cercanos y relativamente bien conservados permiten conocer las especies forestales que se pueden utilizar. En caso de tratarse de un ambiente totalmente degradado, se debe consultar la literatura para determinar las especies que probablemente existieron en la zona elegida para la reforestación.

Una vez que se tienen los núcleos iniciales de matorrales, ya sea los existentes en las dunas o los sembrados, se puede proceder a sembrar otras especies de interés para los usuarios o pobladores. Deberán ser especies que habiten naturalmente en las dunas. Este proceso enriquece los matorrales y los hace más diversos. Ello también favorece la presencia de fauna y un uso más diversificado de los productos forestales –obtención de miel, frutos, plantas medicinales. Aquellas especies poco tolerantes a la sombra pueden sembrarse en el borde del matorral, mientras que aquellas especies más tolerantes, pueden sembrarse en el interior del matorral, y si es necesario, clarear un poco el dosel o copas de los árboles que ya estaban establecidos.

Después de seleccionar las especies que se utilizarán en la reforestación, es importante conocer su época de floración, fructificación y maduración de frutos, ya que la producción de plántulas depende de la cantidad y calidad de las semillas obtenidas de los frutos colectados. Cada especie tiene un comportamiento particular. Unas presentan períodos cortos de floración y fructificación, mientras que otras producen flores y frutos durante todo el año. Es importante planear la época y forma de colecta de las semillas y/o estacas.



▲ b)

La colecta de semillas debe realizarse en el momento de máxima producción de frutos maduros, pues de esta manera se obtiene una gran cantidad de semillas, de mayor calidad y con menos esfuerzo, y se asegura que están maduras. Se recomienda sembrar semillas recién colectadas debido a que durante el almacenamiento muchas pierden viabilidad, es decir mueren, o las plántulas que se producen son menos vigorosas. También puede haber plagas de insectos y enfermedades producidas por hongos y bacterias que pueden matar al embrión. Cuando se ponen a germinar semillas, no todas ellas germinan. Un porcentaje de germinación mayor a 60% se considera aceptable.

Las plantas se pueden reproducir por semillas (reproducción sexual) o vegetativamente (reproducción asexual) por estacas, o rebrotes o también pueden ser clonadas en laboratorio. La obtención de individuos por medio de la reproducción sexual garantiza que haya una mayor diversidad genética mientras que la reproducción vegetativa proporciona plantas con características exactamente iguales a las de la planta progenitora.

La reproducción vegetativa es una técnica muy útil cuando se requiere una gran cantidad de plantas, pero no substituye a las semillas ni a los esquejes, ya que para la restauración y reforestación se recomienda mantener la variabilidad genética, lo cual se logra por medio de la reproducción sexual a través de semillas. Por lo tanto, cuando se inicia una investigación sobre las especies que potencialmente se utilizarán, es recomendable siempre probar en primera instancia con la germinación y en caso de ser muy difícil y compleja, se usa la opción de reproducción asexual. Sin embargo, para mantener la diversidad genética, es bueno combinar métodos de reproducción asexual y sexual y siempre se debe intentar tener plantas germinadas de semillas.

Se recomienda que la reproducción vegetativa se realice con aquellas especies que muestren evidencias de esta capacidad en el campo (por ejemplo que tengan raíces en sus ramas). Algunos arbustos del matorral de dunas del noroeste de México como *Rosa*



▲ **figura 6.**
Siembra de plántulas en el campo. Se hizo un hoyo donde se colocó hidrogel que se mojó para que absorbiera el agua antes de sembrar la planta.
(Foto: D.M. Infante Mata)

minutifolia y *Eriogonum* spp., tienen evidencias de reproducción vegetativa en forma natural y por eso es fácil promoverles el enraizamiento (Escoto, com. pers.). Otras especies son mucho más fáciles de reproducir por medio de estacas que por semillas como el cocuite (*Gliricidia sepium*) o el guaje (*Leucaena leucocephala*).

Para reforestar se deben seleccionar árboles adultos o juveniles que estén sanos y creciendo sobre los médanos, en condiciones similares a las de las zonas que se van a reforestar. Cuando hay un árbol que nos gusta por su altura, forma de la copa o cantidad de semillas que produce, lo debemos considerar como un individuo adecuado. Es importante seleccionar varios árboles para obtener semillas, de modo que tengamos una cierta variabilidad de características de la especie en nuestra zona de trabajo.

Para la germinación de las semillas recolectadas en médanos y que se van a usar para obtener plántulas para reforestar estos ecosistemas, se recomienda utilizar arena (de los médanos, no de la playa pues ésta tiene sal y no tiene micorrizas) en una bolsa como sustrato para que las semillas germinen. Si esta arena proviene de matorrales tendrá ya las micorrizas y bacterias y habrá un mejor crecimiento de las plantas. Se puede añadir algo de tierra para que haya más nutrientes. Cada especie tiene requerimientos distintos para germinar. Unas crecen mejor en condiciones de exposición directa al sol, mientras que otras se ven favorecidas por la sombra; algunas toleran las altas temperaturas e incluso la sequía por períodos de tiempo relativamente largos.

Cuando no se conoce cómo germina una especie, es importante hacer pruebas antes para conocer las condiciones adecuadas que garanticen la germinación exitosa de las semillas, la fecha de siembra, así como el número de semillas a plantar para obtener el total de plántulas requeridas para la reforestación. Las pruebas de germinación evalúan



▲ **figura 7.**
Uso de burros para acarreo de agua para regar las plantas.
(Foto: D.M. Infante Mata)

el potencial para germinar de cada especie, es decir, el número de semillas que nacen en relación al total (porcentaje de germinación) y la rapidez con la que germinan bajo condiciones específicas.

Una vez que ya se conoce la germinación de las especies que se van a utilizar, se debe pasar a la propagación masiva de las mismas, de preferencia bajo condiciones de invernadero o con una cubierta de malla sombra. Para poner a germinar las semillas es necesario decidir cómo se van a trasplantar. Se pueden poner en charolas de plástico o en camas de arena con tierra y apenas germinadas pasar a bolsas llenas de arena o bien usar desde un inicio bolsas de plástico en las que se pongan tres semillas separadas entre sí, sobre la superficie, pero ligeramente enterradas. La decisión dependerá del espacio y materiales con que se cuente. Posteriormente se humedece bien el sustrato contenido en los envases. El éxito de la siembra depende de la calidad de las semillas, de la época del año, de la profundidad y la densidad de siembra. Este último factor solo es relevante en la siembra en camas de crecimiento.

Para garantizar la germinación y el crecimiento adecuado, el sustrato debe estar húmedo y bien drenado, lo cual evita la aparición de plagas y enfermedades. Se sugiere el riego en la mañana temprano o en la tarde, ya que en las horas de mayor calor aumenta la evaporación del agua y la transpiración de la planta y puede provocar daños a las plántulas.

El trasplante a las dunas costeras

Debido a que las dunas son un ecosistema frágil que se puede desestabilizar si se abren grandes espacios desnudos y a que el suelo es pobre en nutrientes, se debe mantener un equilibrio entre el ecosistema natural—plantas y animales— y la plantación manejada. Una plantación de una sola especie frecuentemente tiene más plagas y hay más competencia entre los individuos. Por tanto se sugiere una siembra de varias especies, semejando los matorrales, selvas, bosques y acahuales que existen de manera natural.

El trasplante del semillero a las bolsas debe realizarse en un área protegida del sol con malla sombra y del viento. En el caso de las especies sembradas en bolsa de polietileno puede prolongarse hasta el momento en el cual se decida introducir la planta en campo. Si aún no están dadas las condiciones requeridas en campo y la planta ya cuenta con el tamaño requerido, puede trasplantarse a una bolsa más grande con el fin de que no se afecte la raíz. Generalmente el trasplante a campo se realiza después de las primeras lluvias para que la planta aproveche toda la temporada lluviosa.

Las plantas deben tener un buen tamaño, unos 20 cm o más, con una raíz bien desarrollada para sembrarse en campo. Deben estar sanas, libres de plagas o decoloraciones en las hojas. Se recomienda sembrarlas en el campo durante la época de lluvias para aprovechar la humedad y usar hidrogel para mantenerla el mayor tiempo posible (figura 6). Ello no evitará que tengan que regarse cuando termine la temporada de lluvias y cuidar las plantas hasta su establecimiento, pero ayudará a hacer el riego más espaciado en el tiempo. Hay otras consideraciones importantes que los campesinos reconocen y se ha probado en los matorrales del desierto (Escoto, com. pers.) que se refiere a la orientación de la planta; es decir, si la planta se sembró o se traspasa del campo y la planta estaba orientada al sur, es necesario sembrarla en esa misma dirección para aumentar la sobrevivencia.

Se debe elegir el área de siembra, la cual debe ubicarse en zonas de dunas que ya tengan una cubierta vegetal herbácea y de preferencia se coloca la planta cerca de otra planta (establecida naturalmente, para aumentar el tamaño del núcleo) que pueda darle sombra por lo menos durante una parte del día.

Si la zona reforestada está muy apartada de una fuente de agua, se deberá idear un medio para llevar el agua a la zona. En una siembra piloto establecida en Veracruz, el riego se realizó con la ayuda de garrafones de plástico acarreados en burro desde la fuente de agua más cercana, usando hidrogel (figura 7). En Colima, se dejaron tambos con mangueras y pequeños agujeros para un riego por goteo (Contreras, com. pers.).

Algunas plantas se debilitan después del trasplante y como consecuencia el tallo principal muere pero en poco tiempo comienzan a brotar tallos laterales. Un ejemplo de ello es el guaje (*Leucaena leucocephala*). Es muy importante tener bien localizadas a las plantas para poder mantener el riego pues mientras la raíz no muera siempre existe la posibilidad de que rebrote, como es el caso del cocuite (*Gliricidia sepium*) y

del propio guaje. Durante la época de secas parece que el cocuite muere pues se seca totalmente su tallo, pero al iniciar la época de lluvias rebrota. Si lo que se quiere es un crecimiento erecto y alto, es necesario aplicar riego más seguido.

Protección del sitio y divulgación de las actividades de reforestación

En caso de que la zona sea usada para pastoreo del ganado, éste debe de ser retirado para lograr que las plantas se establezcan o bien colocar una cerca que limite el paso del ganado a la zona de dunas en reforestación. También se debe proteger la zona del pisoteo y de otros disturbios como el paso de vehículos. Cuando sea necesario que el público esté enterado del proyecto de reforestación es importante que la protección del sitio esté acompañada por letreros que informen a los visitantes lo que está sucediendo, por qué se está llevando a cabo la reforestación y sus beneficios para la sociedad. Las actividades de educación ambiental deben ser promovidas, ya que si las comunidades y los visitantes participan en la reforestación, son mayores las probabilidades de éxito.

Seguimiento a largo plazo

Al igual que con las actividades de restauración, es importante realizar observaciones a largo plazo en la zona de reforestación, lo que permitirá tomar decisiones de manejo que corrijan la trayectoria que está tomando el sitio, en caso de que ésta sea diferente de la deseada. Por medio del monitoreo se podrán detectar y resolver a tiempo problemas como: a) la presencia de erosión por algún fenómeno meteorológico; b) la invasión de alguna especie exótica o nativa con comportamiento agresivo; c) la falta de establecimiento de especies que están en el sitio de referencia pero que no hayan logrado llegar a la zona restaurada y; d) replantar aquellas cuya tasa de establecimiento haya sido menor a la esperada. Todas las actividades de manejo antes mencionadas tienen menor costo económico y son reversibles si son detectadas a tiempo.

La manera más eficiente de monitorizar el crecimiento y supervivencia de la vegetación plantada es llevar un registro sobre las especies que se establecieron y tuvieron una menor mortandad, además de observar la velocidad con que crecieron bajo las condiciones de las dunas. Ello ayudará a alcanzar el éxito en siembras posteriores y a poder incrementar el número con mayor posibilidad de éxito. En áreas extensas, el seguimiento puede apoyarse por medio de herramientas como fotografías aéreas, entre otras. Esta actividad es parte del experimento y los resultados deben publicarse para que otros aprendan de la experiencia adquirida. Muchas veces las fallas no se publican en revistas especializadas, por lo que es importante divulgarlas en foros locales y en Internet.



► figura 8a.
Árboles trasplantados en 2006.
(Foto: D.M. Infante Mata)



► Experiencia de reforestación

En el 2005 la CONAFOR apoyó un proyecto en el cual se propagaron especies arbóreas y arbustivas de dunas con uso forestal, maderable, medicinal o forraje. Se trasladaron las plántulas germinadas en vivero al campo utilizando hidrogel, como se describió en párrafos anteriores. En condiciones donde ya existía una cubierta arbórea las plántulas de roble (*Tabebuia rosea*), cedro (*Cedrela odorata*), guaje (*Leucaena leucocephala*) y caoba (*Swietenia macrophylla*) tuvieron una buena supervivencia, con 86% para el guaje y 92% para la caoba (Moreno-Casasola et al., 2010; 2011). Una especie que fue fácil de propagar por semilla fue el guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) pero las plántulas son muy delicadas y mueren a los pocos meses de trasladadas. La especie que tuvo mayor éxito en su establecimiento en condiciones de sol fue el guaje, y actualmente los individuos de esta especie son los árboles semilleros con los que se continúan las acciones de reforestación. La experiencia fue aprendida por la comunidad de La Mancha, que actualmente, apoyados por la CONAFOR, continúan enriqueciendo sus dunas costeras con especies útiles (figura 8).

► ¿Por qué no se siembran más árboles?

Moreno-Casasola y Paradowska (2009) estudiaron las especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. En ese trabajo se realizaron entrevistas a los pobladores de la zona y se encontró que, por un lado, las restricciones impuestas por la ley al aprovechamiento de los recursos forestales es considerada como una limitante para el uso de árboles de dunas y, por otro lado, se tiene conocimiento sobre la prohibición de cortar árboles, independientemente de la tenencia del suelo en el que crecen (Moreno-Casasola y Paradowska, 2009). Los entrevistados indicaron que muchas de las especies forestales que utilizan crecen de manera natural, por lo que no hace falta sembrarlas. Por último, se encontró que ya que no se sabe quién utilizará las plantaciones y que este uso es a largo plazo, no se desea hacer el esfuerzo de sembrar árboles. Esta actitud contrasta con la del pasado, donde hubo un manejo que aseguró la presencia de árboles a pesar de cientos de años de uso del suelo con fines productivos, manteniéndose además la fertilidad del suelo y la biodiversidad. Ello significa que deben hacerse grandes esfuerzos en temas de educación ambiental, pero también que se deben dar pasos y apoyos para incrementar la propagación, siembra, cuidado y reforestación con las especies más usadas o deseadas por los pobladores locales, así como con aquellas especies clave para el funcionamiento del ecosistema.

► **figura 8b.**
Tamaño alcanzado por los árboles trasladados después de seis años.
(Foto: D.M. Infante Mata)

Referencias bibliográficas

- Castillo-Campos, G., y Medina, A.M.E. 2002. Árboles y Arbustos de la Reserva Natural de La Mancha, Veracruz. Manual para la Identificación de las Especies. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz, México.
- Cramer, V. A., Thorburn, P. J., y Fraser, G. W. 1999. Transpiration and groundwater uptake from farm forest plots of *Casuarina glauca* and *Eucalyptus camaldulensis* in saline areas of southeast Queensland, Australia. *Agricultural Water Management* 39(2): 187-204.
- Espejel, E., Peña-Garcillán, P. y Jiménez-Orocio, O. 2013. Flora de playas y dunas de México. Informe Técnico Final Conabio HJ007.
- Infante Mata, D. 2001. Diversidad morfológica y funcional de la vegetación de las dunas costeras de San Benito, Yucatán, México. Tesis de licenciatura. Escuela de Biología. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
- Guerreiro, A. R. 1977. Evaluation trials for herbicides to control hottentot-fig (*Carpobrotus edulis* (L.) NE Br.). In *Proceedings II Simposio Nacional de Herbología*, Oeiras, 1976. (No. Volume III, 125-134).
- Jørgensen, R. H., y Kollmann, J. 2009. Invasion of coastal dunes by the alien shrub *Rosa rugosa* is associated with roads, tracks and houses. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* 204(4): 289-297.
- Kim, A. 2002. Determining an Effective buffer against reinvasion of restored sand dunes. *Studies of Ecological Interconnections*. Justin Remais and Manish Desai University of California, Berkeley, 12.
- Maltez-Mouro, S., Maestre, F. T., y Freitas, H. 2010. Weak effects of the exotic invasive *Carpobrotus edulis* on the structure and composition of Portuguese sand-dune communities. *Biological Invasions* 12(7): 2117-2130.
- Mattoni, R., Longcore, T., y Novotny, V. 2000. Arthropod monitoring for fine-scale habitat analysis: a case study of the El Segundo sand dunes. *Environmental Management* 25(4): 445-452.
- Moreno-Casasola, P. y Vázquez, P. 2006. Las comunidades de las dunas. En: Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa: 285-310.
- Moreno-Casasola, P. y Paradowska, K. 2009. Especies útiles de la selva baja caducifolia en las dunas costeras del centro de Veracruz. *Madera y Bosques* 15 (3): 21-44.
- Moreno-Casasola, P., Infante-Mata D., Madero-Vega, C. 2011. Germinación y supervivencia de dos especies de acahuals de selva baja importantes para restaurar dunas costeras. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2 (6): 19-36.
- Moreno-Casasola, P., Infante Mata, D., Travieso-Bello A.C., y Madero-Vega, C. 2010. Manual para la reforestación de los médanos. Instituto de Ecología, A. C., CONAFOR y CONACYT. Xalapa, Ver. México. Formato electrónico: http://www1.inecol.edu.mx/inecol/libros/Manual_para_la_reforestacion_de_los_medanos1.pdf
- Moretti, O. 1939. Report on the fixation of dunes at the Florentino Ameghino dune station, Miramar, Province of Buenos Aires. *Revista Argentina de Agronomía* 6: 62-4.
- Nordstrom, K. F., y Lotstein, E. L. 1989. Perspectives on resource use of dynamic coastal dunes. *Geographical Review* 79:1-12.
- Novoa, A., González, L., Moravcová, L., y Pyšek, P. 2013. Constraints to native plant species establishment in coastal dune communities invaded by *Carpobrotus edulis*: Implications for restoration. *Biological Conservation* 164: 1-9.
- Seingier, G., Espejel, I. y Fermán Almada, J.L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación Ambiental* 1(1): 54-69.
- Velásquez, A., Mas, J.F., Díaz-Gallegos, J.R., Mayorga-Saucedo, R., Alcántara, P.C., Castro, R., Fernández, T., Bocco, G., Ezcurra, E. y Palacio, J.L. 2002. Patrones y tasas de cambio de uso del suelo en México. *Gaceta* 62. Instituto Nacional de Ecología. SEMARNAT, México pp. 21-37
- WWF (World Wildlife Fund). 2013. www.wwf.org.mx/wwfmex/prog_bosques_deforestacion.php