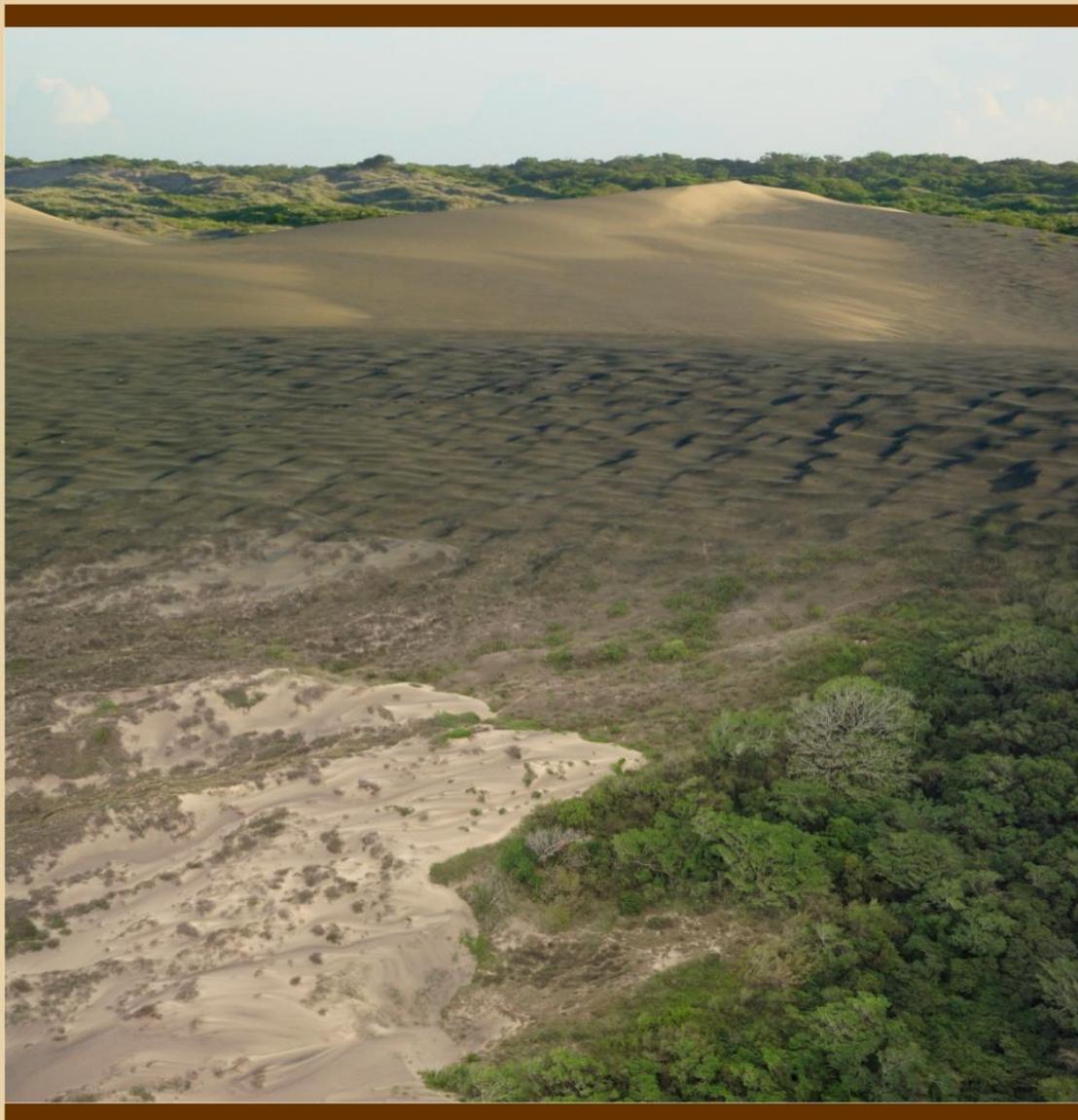


# MANUAL

para la reforestación  
de los médanos



Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata,  
Ana Cecilia Travieso Bello y Carolina Madero Vega







Primera edición, 2009

D.R. © por **Instituto de Ecología, A.C.**  
 Km 2.5 carretera antigua a Coatepec No. 351  
 Congregación El Haya, Xalapa 91070, Veracruz,  
 México

**CONAFOR, Comisión Nacional Forestal**  
**CONACYT**

ISBN 978-607-7579-07-6, primera edición

Título: Manual para la reforestación de los médanos  
 Impreso en México ~ Printed in Mexico

Forma sugerida para citar este libro:  
 Moreno-Casasola P., D. Infante M., A. C. Travieso-  
 Bello y C. Madero. V. 2009. Manual para la reforestación de los médanos. Instituto de Ecología A. C. CONAFOR y CONACYT. Xalapa, Ver. México. 100 pp.

Fotografía: Gerardo Sánchez Vigil, Imágenes para la Conservación

D.R. © Ninguna parte de esta publicación, incluyendo el diseño de la cubierta, puede ser reproducida, traducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio, ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico de grabación o de fotocopia, sin permiso previo del editor. Párrafos pequeños o figuras aisladas pueden reproducirse, dentro de lo estipulado en la Ley Federal del Derecho de Autor y el Convenio de Berna, o previa autorización por escrito de la editorial.

# MANUAL PARA LA REFORESTACIÓN DE LOS MEDANOS

## INTRODUCCION

Los bosques y selvas fueron ecosistemas ampliamente distribuidos en México. Las especies de árboles de estos ecosistemas constituyeron importantes recursos para las poblaciones locales, no solamente por su madera sino también por los productos comestibles y medicinales que se obtenían. Hoy en día, además, se ha reconocido su importancia en la recuperación de los arroyos y ríos y del propio manto freático, que sirve para abastecer agua potable a las poblaciones. El papel de los bosques en el control del clima es hoy un tema de gran importancia para la sociedad.

Sin embargo, actualmente la deforestación sigue en aumento. Estamos acostumbrados a seguir extrayendo y talando árboles, no solamente en grandes superficies, sino también para el uso diario, sin hacer un esfuerzo por recuperarlos. Es un recurso limitado y la generación actual que hace uso de este recurso debe modificar actitudes e iniciar la recuperación de los bosques mexicanos.

Esta situación es aún más grave en la costa del Golfo de México. Los bosques y selvas de la planicie costera han desaparecido y sobre las dunas y puntas rocosas quedan solamente manchones aislados. Es necesario emprender acciones de reforestación para recuperar estos ecosistemas tan importantes. El objetivo de este manual es presentar información práctica, basada en las experiencias desarrolladas como parte del proyecto CONAFOR-CONACYT-INECOL No.14766. Presenta información sobre la germinación, crecimiento, establecimiento de una plantación arbórea y seguimiento de la misma en un sistema de dunas o médanos. Además, la información se amplía con una revisión bibliográfica que permite proporcionar datos y sugerencias sobre un mayor conjunto de especies, todas ellas habitantes importantes de las selvas de los médanos.

## LOS MÉDANOS

### ***Formación***

Las dunas o médanos son acumulaciones de arena movida por el viento, que se encuentran tanto en la costa como en los desiertos y que miden desde unos centímetros (dunas embrionarias) hasta un sistema masivo de colinas de arena ondulantes. Los médanos se han formado fundamentalmente por la acción del viento, el cual tiene una fuerza tal que levanta, acarrea y deposita los granos de arena. La arena son sedimentos arrojados por el oleaje a las playas, donde queda expuesta al aire. Con el sol y la brisa, el sedimento se seca y es movilizado por el viento. Esta arena se originó en las montañas, tierra adentro y los ríos la han arrastrado hasta el mar, donde el oleaje la arroja a las playas.

La forma, tamaño y orientación de las dunas varía en función de la velocidad y dirección del viento dominante, del tamaño de las partículas de arena y de la cantidad de arena que existe y que puede ser movida. Hay diversas formas de dunas y éste es uno de los aspectos que más se modifican con el paso del tiempo. Se consideran como dunas activas o móviles cuando hay posibilidad de que arena expuesta, seca, generalmente sin vegetación, sea susceptible de ser movida por la acción del viento. Las dunas fijas, estabilizadas o relictos están cubiertas por vegetación y pueden formar estructuras relativamente estables. En la zona costera pueden estar cubiertos de vegetación, aún selvas, o ser totalmente móviles. En las zonas bajas u hondonadas que se forman entre las colinas de arena se pueden encontrar zonas inundables (humedales) y aún lagos de agua dulce. La figura 1 muestra un esquema de los diferentes ambientes que se forman en un sistema de dunas, mientras que la figura 2 muestra un conjunto de fotografías que ejemplifican estos distintos ambientes. Como puede verse, abarcan desde áreas de arena totalmente desnuda, áreas semiestabilizadas donde se mezclan áreas desnudas y otras con vegetación, hasta zonas de pastizales y selvas.

El movimiento de los granos de arena permite que las propias dunas se muevan. Mientras más móviles son, mayor es el movimiento. Las dunas se mueven en el mismo sentido del viento que acarrea los granos de arena. Una duna puede alcanzar más de 100 m de alto y un campo de dunas se puede extender hacia tierra adentro por varios kilómetros.

Las dunas están formadas por zonas planas y pendientes. Se pueden reconocer las cimas o partes más o menos planas y altas, las hondonadas o zonas bajas y también planas donde el manto freático está cercano, aflorando frecuentemente durante la época de lluvias. También están las pendientes de barlovento (donde pega el viento directamente) y de sotavento, que están protegidas del viento. Cuando es una duna más estabilizada, se forman dunas con forma de parábola o de media luna y también se pueden distinguir los brazos (figura 3).

### ***Distribución***

Se distribuyen a lo largo de la costa u orilla de los lagos y llegan a formar enormes campos de colinas que se extienden a lo largo de muchos kilómetros de la costa, pero solamente abarcan unos cuantos kilómetros tierra adentro. En las costas de Veracruz se presentan los sistemas de dunas costeras más grandes del país. Estos sistemas se extienden también a algunas zonas de Tamaulipas, sobre todo en la región de Laguna Madre. Hacia Tabasco, Campeche, Yucatán y Quintana Roo, los sistemas son mucho más sencillos ya que atrás de la playa se presentan un cordón de dunas bajo, de cinco o seis metros de alto, paralelo a la costa. En el Pacífico hay sistemas grandes en Oaxaca y en la Península de Baja California, así como en Sonora. En el resto de los estados solamente se encuentran pequeños sistemas aislados.

### ***Importancia***

Las playas y dunas son uno de los ecosistemas más importantes que se localizan en la franja del mundo donde entran en contacto la tierra con sus descargas de agua dulce, el mar y la atmósfera. Cada uno de estos grandes sistemas tiene su propia dinámica y funcionamiento. Para poder resistir el impacto de cada uno de estos sistemas, la costa tiene que ser extremadamente dinámica y flexible. Cuando predominan las fuerzas provenientes del mar, éste penetra tierra adentro, erosiona, arranca árboles, modifica la línea de costa. Los vientos arrecian, la lluvia cae a torrentes, la atmósfera hace sentir su fuerza. En cambio cuando predomina la tierra, hay acumulación de sedimentos en la playa, ésta crece, hay calma. Cuando hay viento, la arena de la playa es transportada hacia las dunas. El agua dulce acarrea sedimentos desde las altas montañas y forma una pluma de color chocolate en el mar. A lo largo de un año hay un constante recambio de estas fuerzas, y se produce un equilibrio que logra mantenerse gracias a que los

sistemas costeros son dinámicos y flexibles. Sin embargo, para la vida, las costas representan posiblemente uno de los ambientes más difíciles para desarrollarse, ya que periódicamente están sujetas a una fuerte variación de condiciones- inundación, desecación, altas temperaturas, cambios de salinidad, entre otros.

### ***Recursos que proporcionan***

Las dunas proporcionan abundantes recursos a los habitantes de estas regiones. Las dunas estabilizadas se cubren de acahuales y selvas, y en zonas más templadas de encinares. Las numerosas especies de árboles que forman estas comunidades proporcionan madera, leña, frutos, plantas medicinales, cacería, entre otras cosas. De varias de las especies se obtienen estacas para construir cercas vivas o cortinas rompevientos. Aún hoy en día siguen siendo un importante ecosistema que provee leña a las comunidades rurales vecinas.

Los pastizales de las dunas también se han usado extensamente para la cría de ganado. La existencia de agua dulce permite tener abrevaderos en las hondonadas. Esta actividad, al igual que la tala, frecuentemente ha producido la desestabilización del sistema y la pérdida de cubierta vegetal, quedando un sistema móvil difícil de volver a estabilizar.

### ***Servicios ambientales***

Los servicios ambientales son “las condiciones y los procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales, y las especies que los forman, mantienen y satisfacen la vida del ser humano”. Estos servicios incluyen el mantenimiento de todas las especies de plantas y animales, así como la producción de los bienes de los ecosistemas como la pesca, frutos, madera, fibra natural, farmacéuticos, etc. que representan una parte importante y familiar de la economía humana. Estos bienes o recursos el hombre generalmente los extrae de la naturaleza. Por el otro lado, los servicios proporcionados por los ecosistemas son las funciones básicas que apoyan toda la vida de la tierra. Los ecosistemas que proporcionan servicios ambientales importantes en la zona costera incluyen los humedales (manglares, marismas y humedales de agua dulce), las playas y dunas, el mar, las lagunas costeras y los bosques.

Los médanos o dunas prestan servicios ambientales muy importantes a las comunidades de la planicie costera, los cuales frecuentemente los tomamos como

dados sin pensar que pueden desaparecer y sin darles la debida importancia. Entre los principales servicios ambientales que proporcionan las dunas están:

1. Son una protección para la zona costera, ya que reciben el embate del oleaje y tormentas. Debido al propio movimiento de los sedimentos pueden soportar la fuerza de estos fenómenos y recuperarse cuando llega la calma. El formar parte de los procesos costeros de erosión y de acumulación de sedimentos, les permite funcionar como un almacén de sedimentos que mantiene los procesos inherentes a la relación tierra-mar brindando protección a la vida tierra adentro.
2. Filtración de agua hacia el subsuelo, alimentando el manto freático y ayudando también a mantener una buena calidad de la misma.
3. Hábitat de vida silvestre como árboles, hierbas, algunos de ellos endémicos, aves como la paloma blanca y las aves rapaces, entre muchas otras.
4. Su gran belleza hace que tengan un importante valor anímico, y últimamente también recreativo, pues en ellos se desarrollan actividades de ecoturismo y de deportes sobre arena.
5. Incremento en el valor de la propiedad, ya que las zonas costeras cada vez son más apetecibles por su importancia para el turismo

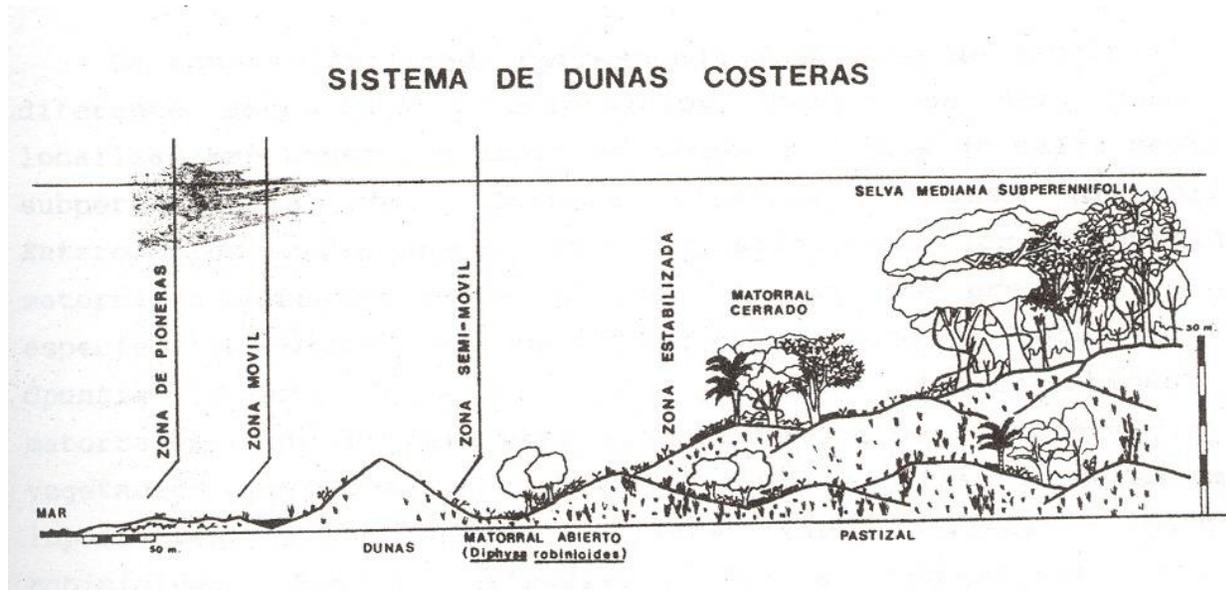


Figura 1. Esquema de un sistema de dunas costeras donde se aprecia la topografía así como los distintos ambientes.





Figura 2. Fotografías de los distintos tipos de ambientes en dunas costeras. a) primer cordón de dunas y zona protegida detrás del primer cordón, b) zona de pioneras en dunas móviles, c) pastizales, d) matorrales abiertos, e) núcleos de vegetación en un pastizal, f) predominan los núcleos de acahuales y selvas, g) acahual en hondonada, h) selva sobre suelo arenoso.

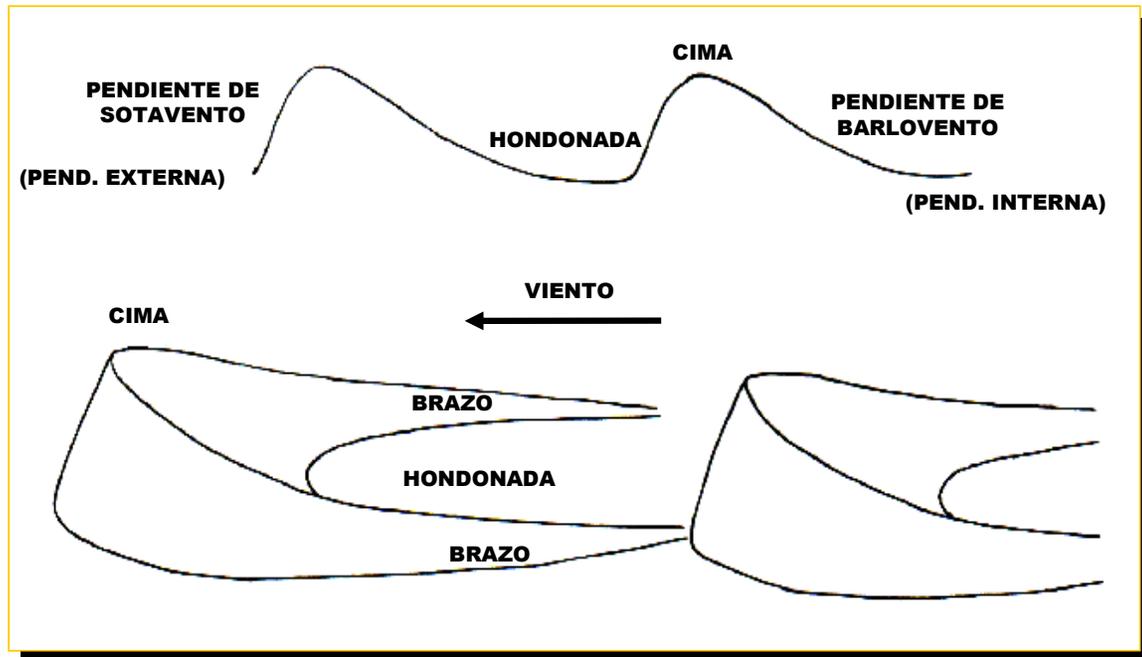


Figura 3. Esquema de las dunas donde se muestran las distintas zonas topográficas.

## LA VEGETACIÓN DE LAS DUNAS COSTERAS

### ***El mosaico de ambientes***

Las dunas forman un mosaico de ambientes o hábitats con diferentes condiciones ambientales dadas por la propia topografía, caracterizadas por distintas condiciones de humedad, movimiento de arena, pendiente, nutrientes. Estas condiciones están muy relacionadas con la topografía identificada como brazos, cimas, pendientes y hondonadas. Este mosaico varía tanto a través del espacio como del tiempo, ya que conforme avanza el proceso de estabilización, la topografía se vuelve menos pronunciada y los ambientes menos drásticos (menor movimiento de arena, temperaturas más bajas en la superficie de la arena a mediodía, mayor retención de humedad, mayor cantidad de nutrientes).

### ***Estabilización, disturbios y sucesión***

Las zonas de mayor movimiento de arena tienen una baja cobertura vegetal. En estos hábitats se establecen conjuntos de especies pioneras como *Croton punctatus*, *Palafoxia lindenbergii* y *Chamaecrista chamaecristoides* (Figura 4). Estas plantas son arbustos pequeños capaces de tolerar, y aún crecer más, cuando están siendo enterradas por la arena en movimiento. Dos de las especies son endémicas *Chamaecrista chamaecristoides* (leguminosa) y *Palafoxia lindenbergii* (compuesta), es decir que solamente se distribuyen en el Golfo de México.

Conforme va disminuyendo el movimiento de arena empiezan a aparecer otras especies como los pastos *Trachypogon plumosus*, *Andropogon glomeratus*, *Schizachyrium scoparium* y *Triplasis purpurea* (Figura 5), así como otras hierbas como *Pectis saturejoides*, *Commelina erecta* y las trepadoras *Cynanchum schlechtendalii* y *Macroptilium atropurpureum*. Forman comunidades abiertas con una cobertura aún dispersa o abierta, con huecos que lentamente se van cerrando para impedir que la arena se levante. Muchas de estas plantas presentan raíces delgadas que se extienden y crecen hacia la zona de humedad, absorben agua y minerales, y al participar en la descomposición del material vegetal aportan humus y nutrientes al suelo. De esta forma alteran la humedad y las características químicas del mismo. Aunque estos cambios ocurren en bajas proporciones, a largo plazo llegan a ser significativos para el sistema. Todo esto favorece al enriquecimiento del suelo y por consiguiente un aumento en cobertura, disminuyendo la evaporación del agua por la sombra que produce la vegetación.

El conjunto de todos estos factores aumenta la estabilidad del sustrato y permite que aparezcan arbustos grandes y árboles.

Poco a poco empiezan a invadir y establecerse de manera aislada arbustos pequeños, de copa muy abierta y rala, tales como *Indigofera suffruticosa*, *Porophyllum punctatum*, *Tamonea curassavica*, *Turnera difusa*, *Crotalaria incana* y *Lantana camara* (Figura 5) que alcanzan alrededor de un metro de altura o un poco más. Posteriormente, en las zonas más estabilizadas comienzan a establecerse matorrales de mayor extensión, densidad y riqueza de especies. Este proceso se llama nucleación por que se forman núcleos o puntos aislados donde se inicia el establecimiento y crecimiento de matorrales sobre una cubierta de herbáceas. La figura 6 muestra más esquemáticamente el proceso de nucleación y el proceso de sucesión, mediante los cuales se van estabilizando las dunas y cubriendo de vegetación.

Los disturbios son agentes naturales o actividades humanas que producen la muerte de individuos o manchones de vegetación. En las dunas el viento que produce el enterramiento de la vegetación es el principal agente de disturbio. Pero también, la caída de un árbol en la selva abre espacios para que las plántulas de otros árboles puedan crecer y ocupar este espacio. Por tanto, el viento y el movimiento de arena, en el largo plazo, además de ser agentes que producen perturbaciones, también juegan un papel en la sucesión y en la renovación de la comunidad vegetal.

## **LAS ESPECIES ARBÓREAS DE LOS MÉDANOS**

Como puede verse, hay gran cantidad de diferentes tipos de especies en las dunas. Tienen distinta importancia, pero no por tener un valor económico o de utilidad carecen de importancia. Como se vio en los párrafos anteriores, hay especies pioneras que inician la fijación y estabilización de la arena. ¡Son las únicas que pueden garantizar que la estabilización va a ser exitosa, pues solamente estas especies son capaces no solamente de tolerar, sino que crecen mejor cuando son enterradas por arena! Poco a poco van dejando su lugar a otras especies de hierbas y de arbustos bajos y medianos que van cubriendo el suelo e impidiendo que el viento siga moviendo la arena. Acumulan restos de hojas y

tallos que van proporcionando materia orgánica y producen también cambios en el suelo. Ya hay más nutrientes para otras especies, se retiene la humedad por más tiempo y hay mayor cantidad de micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno, organismos microscópicos que ayudan a la planta a crecer. En este momento los árboles encuentran condiciones más favorables para establecerse con éxito. Hay distintos tipos de árboles, que a continuación vamos a describir:

### **Los árboles que favorecen la estabilización y la sucesión**

Algunos árboles son más importantes que otros para formar núcleos o puntos donde otras especies pueden encontrar cobijo y condiciones más favorables. Algunos como el quebracho (*Diphysa robinooides*) tienen importancia porque sus semillas son capaces de volar con el viento y llegar a zonas de las dunas como los brazos o las cimas, y ahí germinar y establecerse. Producen sombra y acumulan materia orgánica, permitiendo que otras especies arbustivas o arbóreas se vayan estableciendo. Otras especies que juegan este mismo papel son la tronadora, la crucetilla, y el mismo nopal. Sin embargo, generalmente los primeros núcleos se forman en las partes más bajas y protegidas del viento, donde también se acumula mayor humedad. Entre las principales especies que inician este proceso están el icaco, el quebracho, la palma (*Acrocomia mexicana*), el cocuite, el espinillo blanco (*Acacia cochliacantha*) y el huisache (*Acacia farnesiana*).

Posteriormente, estos matorrales o acahuales se van enriqueciendo con especies que son más frecuentes en las selvas. Este es el caso del palo mulato, el cedro, el laurelillo, el guanacaste.

### **Las especies útiles**

Las especies arbóreas que mayor interés económico tienen frecuentemente aparecen más tarde en estos acahuales. 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, grado de estabilización, humedad) para recibir a estas especies.

Los pobladores de la región central de Veracruz han identificado la siguiente lista de especies como de interés para ellos, por los distintos usos que se da a la madera, ramas, corteza, frutos o flores (Cuadro 1).



Figura 4. Fotografías de *Croton punctatus*, *Palafoxia lindenii* y *Chamaecrista chamaecristoides*



Figura 5. Fotografías de *Indigofera suffruticosa*, *Porophyllum punctatum*, *Turnera difusa*, *Crotalaria incana*, *Lantana camara* y *Tecoma stans* (tronadora)

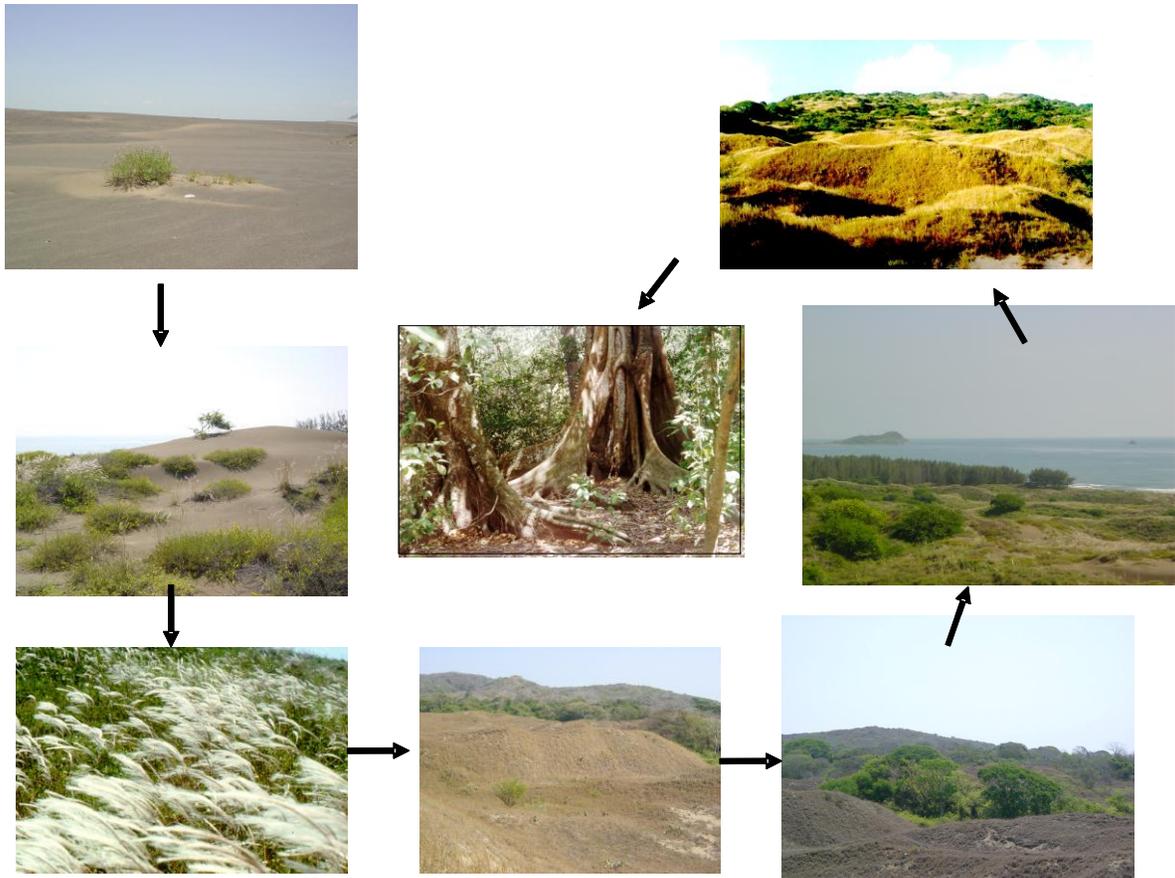


Figura 6. Esquema del proceso de nucleación y del proceso de sucesión.

Cuadro 1. Lista de especies de interés para las comunidades (nombre común y nombre científico), por los distintos usos que se da a la madera, ramas, corteza, frutos y flores. No todas las enlistadas son árboles.

algodoncillo	Luehea candida
almendro	Terminalia catappa
anona	Annona reticulata
aví, habín,	Piscidia piscipula
borreguillo	Thoinidium decandrum
caoba	Swietenia macrophylla
cardón	Bromelia pinguin
cedro	Cedrela odorata
chintel	Pithecellobium dulce
ciruelo	Spondias mombin
cocuhite	Gliricidia sepium
comalillo, palo colorado, laurelillo amarillo, colorado	Coccoloba barbadensis
comisuelo	Acacia cornigera
coyol	Acrocomia aculeata
coyol de bellota, palma de bellota, apachite	Sabal mexicana
coyol largo, palma de coyol	Attalea butyracea
crucetillo	Randia monantha
cruzeta	Acanthocereus sp.
cucharo	Dendropanax arboreus
huisache, espino	Acacia farnesiana
espino blanco	Acacia cochliacantha
flor de día	Tabebuia crysantha
guachín, huicin, huichín	Verbesina persicifolia
guaje	Leucaena leucocephala
guanabo	Annona muricata
guanacastle, guanacaste, nacastle	Enterolobium cyclocarpum
guásima, guásamo	Guazuma ulmifolia
guayabillo	Ginoria nudiflora
guayabo silvestre	Psidium guajava
hierba de burro	Hyptis suaveolens
higuera	Ficus spp.
higuera negra	Ficus cotinifolia
jicaco, icaco	Chrysobalanus icaco
jicaquillo	Randia laetevirens
lágrima de san pedro	Tournefortia hirsutissima
laurel (rojo)	Nectandra salicifolia
laurelillo	Ocotea cernua
moquillo	Cordia dentata
moral	Maclura tinctoria
nanche (agrio y dulce)	Byrsonima crassifolia
nopal	Opuntia stricta var. dillenii
ojite, ramón	Brosimum alicastrum
palma de coco	Cocos nucifera
palo de banco	Gyrocarpus jatrophiifolius
palo de rabia	Karwinskia humboldtiana
palo dulce	Rochefortia lundelli
palo mulato, chaca	Bursera simaruba
pino	Casuarina equisetifolia
piñón	Jatropha curcas
pionche	Bumelia celastrina
quebracho, quibracho, palo amarillo, rajador	Diphysa robinoides
quina	Chinchona sp.
rabo lagarto	Zanthoxylum kellermanii
roble	Tabebuia rosea
san francisco	Tecoma stans
tepehuaaje	Lysiloma divaricata
zapote chico	Manilkara zapota
zapote negro	Diospyros digyna

## REVEGETACIÓN Y REFORESTACIÓN

Por tanto, la reforestación de los médanos consta de varias etapas. El papel del hombre es acelerar este proceso. El saltar etapas significará un fracaso de la plantación arbórea y muy pocos individuos podrán sobrevivir. Recordando estas etapas se tiene:

### **1. Estabilización y revegetación**

Especies arbustivas bajas y herbáceas pioneras, tolerantes al enterramiento y desenterramiento de arena son las primeras capaces de establecerse, como ya se mencionó. Su función es cubrir la arena, incorporar nutrientes al suelo, mejorar la capacidad de retención de humedad, reducir los extremos de temperatura y favorecer la presencia de micorrizas y bacterias fijadoras de nitrógeno.

### **2. Reforestación y formación de núcleos**

La siguiente etapa es iniciar la formación de núcleos de matorrales a partir de los cuales se sigan modificando las condiciones del suelo, para que otras especies menos tolerantes puedan establecerse. De manera natural esta etapa la llevan a cabo pocas especies, entre ellas el quebracho, la tronadora, la crucetilla, el cocuite, el nopal, como ya se mencionó. Sin embargo, algunas otras especies pueden usarse para formar núcleos, siempre y cuando reciban algunos cuidados, como se va a explicar posteriormente. Una forma de acelerar la sucesión de las dunas y poder contar con especies arbóreas más rápidamente es establecer estos núcleos de vegetación.

### **3. Enriquecimiento con especies de interés**

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 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.

## LA REPRODUCCION DE ESPECIES

Las plantas se pueden reproducir por semillas (reproducción sexual) o vegetativamente (reproducción asexual) por estacas o rebrotes. Este último tipo de reproducción proporciona plantas con características exactamente iguales a las de la planta progenitora. Hay especies que son mucho más fáciles de reproducir por estacas que por semillas. Sin embargo hay que recordar que generalmente tienen raíces más superficiales y por lo tanto menos anclaje. Este es el caso del cocuite, palo mulato, el ciruelo, el quebracho, el guanacaste, entre otros. Estos últimos deben cortarse cuando no tienen hojas.

## COLECTA, ALMACENAJE Y GERMINACIÓN DE SEMILLAS

### ***Colecta y almacenaje***

Después de la selección de las especies que se van a utilizar para la reforestación, es importante conocer la 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. Para ello se deben seleccionar árboles sanos que estén creciendo sobre los médanos, en condiciones similares a las zonas que se van a reforestar. Se pueden realizar observaciones mensuales de varios individuos adultos de las especies de interés para seleccionar los árboles semilleros a utilizar. También se puede consultar a los pobladores locales con mayor experiencia en este tema.

Cabe mencionar que la época de floración, fructificación y maduración de frutos puede variar entre sitios e incluso entre años en el mismo sitio, debido a que estos procesos están relacionados con factores físicos y biológicos como por ejemplo la temperatura ambiente, la precipitación, la presencia de plagas y enfermedades.

Por otra parte, 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. En el cuadro 2 se muestran algunos ejemplos para La Mancha, Actopan, Veracruz.

**Cuadro 2.** Época de floración, fructificación y maduración de frutos de algunas especies de selva baja caducifolia sobre dunas, en La Mancha, Actopan, Veracruz.

Nombre científico	Nombre común	Época de floración	Época de fructificación	Época de maduración de frutos
<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	Noviembre-Diciembre	Enero-Febrero	Febrero-Marzo
<i>Diphysa robinoides</i>	Quebracho	Agosto-Septiembre	Septiembre-Octubre	Noviembre-Diciembre
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacaste	Febrero-Abril	Febrero-Abril	Marzo-Abril
<i>Gliricidia sepium</i>	Cocuite	Enero-Febrero	Febrero-Marzo	Abril
<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guázimo	Marzo-Abril	Abril-Mayo	Abril-Mayo
<i>Karwinskia humboldtiana</i>	Palo de rabia	Agosto- Noviembre	Noviembre- Diciembre	Diciembre- Enero
<i>Leucaena leucocephala</i>	Guaje	Todo el año	Todo el año	Todo el año
<i>Sabal mexicana</i>	Palma apachite	Diciembre- Febrero	Marzo-Abril	Mayo-Junio
<i>Tabebuia rosea</i>	Roble	Febrero-Abril	Marzo-Abril	Abril
<i>Brosimum alicastrum</i>	Ojite	Noviembre- febrero	Marzo-Mayo	Mayo
<i>Spondias mombin</i>	Ciruelo	Febrero- noviembre	Julio-Octubre	Septiembre- Octubre
<i>Psidium guajava</i>	Guayabo	Marzo- Septiembre		
<i>Swietenia macrophylla</i>	Caoba	Abril-Junio	Noviembre- Enero	Diciembre- Enero

El conocimiento de la época de producción y maduración de frutos permite planificar los períodos de colecta para cada una de las especies. Aunque muchas especies pueden reproducirse de manera vegetativa, es decir a partir de ramas, estacas, etc., muchas veces es necesario producirlas a través de semillas, ya que así se conserva una mayor variabilidad genética y la planta tiene mayor capacidad para responder a los distintos factores ambientales.

La colecta de semillas debe realizarse en el pico de producción de frutos maduros, pues de esta manera se obtiene mayor cantidad de semillas, de mayor calidad y con menos esfuerzo. Los frutos deben obtenerse directamente de al menos cinco árboles adultos de cada especie, con el fin de evitar problemas de plagas y de semillas no

viables. Insistimos en que los árboles padres deben estar fuertes, vigorosos y libres de plagas y enfermedades, además de estar ubicados en los alrededores del sitio que se desea reforestar, en este caso en los médanos, con el fin de garantizar que las plántulas obtenidas se encuentran adaptadas a las condiciones del lugar. Para asegurar que los frutos están maduros, éstos deben soltarse o separarse fácilmente del árbol madre.

Se recomienda sembrar semillas recién colectadas, debido a que durante el almacenaje 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. Para muchas especies se ha visto que al reducir el contenido de humedad de las semillas, éstas se pueden almacenar y se mantienen viables mucho más tiempo. Sin embargo esto es un proceso difícil de lograr en comunidades rurales. Los factores que más afectan la longevidad de las semillas son su contenido de humedad y la temperatura del sitio donde se guardan. Por ello, en caso que las semillas se tengan que almacenar, se recomienda guardarlas ya limpias en bolsas de papel en un lugar ventilado y fresco. Si se cuenta con refrigerador se recomienda conservarlas en bolsa de papel y luego bolsa de plástico a una temperatura de 5-10 °C, ya que bajo estas condiciones se prolonga la viabilidad considerablemente, aunque esto no funciona necesariamente para todas las especies.

Por ejemplo, las semillas de las especies establecidas sobre dunas como cocuite (*Gliricidia sepium*) y guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*) permanecen vivas (viables) al menos durante ocho meses de almacenaje, mientras que el roble (*Tabebuia rosea*), el cedro (*C. odorata*) y el moquillo (*Cordia dentata*) pierden rápidamente su viabilidad, es decir las semillas ya no están vivas después de unos meses.

Cuando se ponen a germinar semillas, no todas ellas germinan. Un porcentaje de germinación mayor a 60% se considera aceptable. En el caso de las especies, el cocuite (*G. sepium*) y el roble (*T. rosea*) tuvieron porcentajes de germinación superiores al 80%, en contraste el guaje (*Leucaena leucocephala*) alcanzó sólo 44%.

### ***Sustrato de germinación, iluminación y riego***

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 como sustrato para que las semillas germinen. Para todas las especies se obtuvieron mejores resultados con arena que usando una mezcla de arena y tierra. Es importante tomar arena de un área de matorrales o por lo menos de pastizales en las dunas, ya que esta arena tiene micorrizas, cuya importancia se explicará posteriormente. Si se usa arena de la playa o de zonas móviles, puede tener algo de sal por lo que es importante lavarla en agua corriente unos diez minutos.

Algunas semillas presentan un estado de latencia o letargo, el cual ocurre cuando ésta no germina aún bajo condiciones adecuadas de agua, oxígeno y temperatura. Se considera que este fenómeno está ligado a la semilla desde que ésta se separa de la planta madre y se expone a condiciones desfavorables para la germinación. Para romper la latencia de las semillas y lograr su germinación es necesario aplicar tratamientos pregerminativos, es decir antes de ponerlas a germinar, los cuales varían según la especie. Por ejemplo, en el caso de las leguminosas que presentan semillas duras porque tienen testas duras o impermeables, requieren de la escarificación mecánica que rompa o fracture la testa de la semilla y posibilite la entrada de agua para la germinación. Este es el caso del guanacaste, el cual incrementó notablemente la germinación cuando sus semillas fueron escarificadas con una lija o bien cortadas con una navaja. Es importante que el corte se haga en el lado opuesto al que va a salir la raíz (figura 7).

Cada especie tiene requerimientos distintos. Unas prefieren la exposición directa al sol, mientras que otras gustan más de la sombra; algunas toleran las altas temperaturas e incluso la sequía por períodos de tiempo relativamente largos. El sol directo hace que se seque más la arena y eleva la temperatura, lo cual puede dañar a la pequeña plantita. Condiciones de sol-sombra son más adecuadas. La humedad media, es decir arena húmeda pero no anegada es lo ideal. Sin embargo, para obtener el mayor porcentaje de germinación vale la pena mantener condiciones óptimas, es decir humedad permanente y sol-sombra.

Cuando no se conoce como germina una especie, es importante hacer unas 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 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. Se registra el número de semillas germinadas cada tercer día, en un período de uno a tres meses, pues la velocidad de germinación varía de una especie a otra.

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. Para poner a germinar las semillas, es necesario decidir como se van a transplantar. Se pueden poner en charolas de plástico 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. En general el primer paso es la preparación de los envases con sustrato procedente del hábitat natural de la especie, para asegurar que ya tiene micorrizas y bacterias nitrificantes. Estos envases pueden ser bolsas de polietileno de 5, 8 y 10cm de diámetro por 15cm de altura para especies forestales. No obstante, pueden usarse bolsas de mayor altura si las plántulas van a permanecer mayor tiempo en invernadero. Para las especies con un bajo porcentaje de germinación se recomienda usar camas de crecimiento que requieren de una menor cantidad de sustrato. Los envases deben tener aberturas que permitan la salida del agua, garantizando que el sustrato esté drenado, evitando así la contaminación por hongos o muerte de las plantas.

Posteriormente se humedece bien el sustrato contenido en los envases y se siembran de dos a tres semillas por bolsa de polietileno a una profundidad de 1cm, con el fin de asegurar la germinación de al menos una de ellas. En el caso de las especies con una germinación mayor al 80%, solo se coloca una semilla. Si la siembra se realiza en camas de crecimiento, se debe conocer el diámetro que las plantas alcanzan bajo densidades específicas y el diámetro que se desea obtener al final del cultivo, para evitar que una densidad excesiva disminuya el vigor de las plántulas. En este caso se siembra en surcos y a la misma profundidad que en la bolsa de polietileno.

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.

### ***Trasplante y crecimiento de plántulas***

El trasplante debe realizarse en un área protegida del sol y del viento (figura 8). 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. Si se considera que ésta va a estar lista para el trasplante antes de iniciarse las lluvias, puede someterse a factores de estrés para disminuir la velocidad de crecimiento, por ejemplo, disminuir la frecuencia de riego.

En el caso de las camas de crecimiento el trasplante puede realizarse a bolsa de polietileno después de que se desarrollan algunas hojas, evitando el detenimiento pasajero del crecimiento, mejor conocido como la crisis de trasplante. Si la siembra en las camas de crecimiento se realizó dejando suficiente espacio entre las semillas y hay suficiente profundidad de la arena, que evite la competencia entre plántulas y que las raíces se enreden, el trasplante puede realizarse en el momento que hayan alcanzado la talla adecuada para introducirlas en campo.

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 a las horas de mayor calor aumenta la evaporación del agua y la transpiración de la planta y puede provocar daños a las plántulas. El agua de riego debe dejarse caer suavemente para evitar que se desentierren las semillas o se dañen las plántulas. Además, se recomienda el deshierbe manual para evitar la competencia con las malas hierbas y la pérdida de vigor de la plántula.

Las especies pioneras o formadoras de núcleos por lo general crecen a gran velocidad y prefieren la exposición directa al sol, como es el caso del cocuite

(*Gliricidia sepium*), mientras que las especies que requieren de especies núcleo, crecen más lentamente y prefieren la sombra como es el caso del palo de rabia (*Karwinskia humboldtiana*).



Figura 7. El corte en la semilla debe hacerse en el lado opuesto al que va a salir la raíz



Figura 8. El trasplante debe realizarse en un área protegida del sol y del viento

## USO DE MICORRIZAS

El término micorriza fue usado por primera vez en 1877 para describir la asociación de beneficio mutuo que se presenta entre plantas y hongos. Una definición más actual dice que es la interacción relacionada con la alimentación o incorporación de nutrientes, no patogénica y sustentable que se establece entre los hongos y las raíces de las plantas. Las micorrizas viven enterradas y requieren de las plantas para poder vivir. La relación planta-micorriza es una asociación mutualista entre el hongo y la planta donde ambos se ven beneficiados en sus tasas de crecimiento, reproducción y supervivencia. Las asociaciones micorrízicas se dan en todos los hábitats naturales terrestres y en un amplio número de familias botánicas y de especies. El hongo, al estar asociado a las raíces de la planta, incrementa la superficie de captación de nutrientes para la propia planta, principalmente los iones fosfato y amonio disponibles en el suelo. Se estima que el hongo proporciona hasta 80% de fósforo y 25% del nitrógeno requerido por la planta. Por otra parte, la planta proporciona al hongo compuestos carbonados producto de la fotosíntesis. En la figura 9 puede verse al centro, un corte transversal de la raíz y las células que la forman. Los distintos tipos de micorrizas con las que se asocia la planta aparecen en cada uno de los triángulos de color.

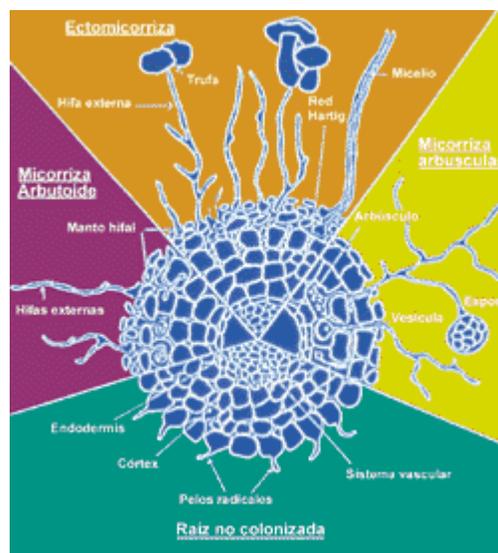


Figura 9. Representación esquemática de los distintos tipos de micorriza y las estructuras típicas formadas. Fotos facilitadas por el Departamento de Protección Vegetal del IRTA (Generalitat de Catalunya).

<http://www.terralia.com/revista14/pagina12.htm>

Existen distintos tipos de micorrizas, pero en este caso solo se hará referencia a los hongos micorrizógenos arbusculares (HMA- aparecen en el triángulo amarillo de la figura 9), los cuales presentan una amplia distribución (figura 10). Éstos se encuentran en casi todos los hábitat terrestres y se asocian a las raíces de plantas con flores y sin flores, así como a los helechos y musgos. Además, es el grupo de micorrizas mejor representado en zonas tropicales.

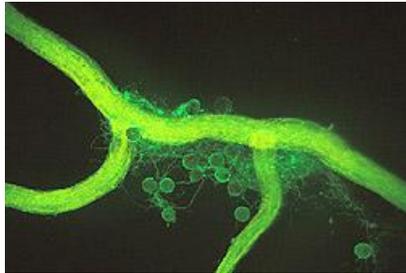


Figura 10. Vista microscópica de un hongo formador de micorrizas arbusculares creciendo en una raíz del maíz. Los organismos redondos son esporas, y los filamentos semejantes a los hilos son hifas.

Algunas bacterias ayudan a fijar el nitrógeno, volviéndolo accesible para las plantas. El nitrógeno es un nutriente de gran importancia para la vegetación. Estas bacterias nitrificantes frecuentemente se asocian a las plantas llamadas leguminosas y de esta manera enriquecen el suelo. En la figura 11 se muestran las raíces de cocuite, las cuales presentan nódulos que indican la presencia de bacterias nitrificantes.

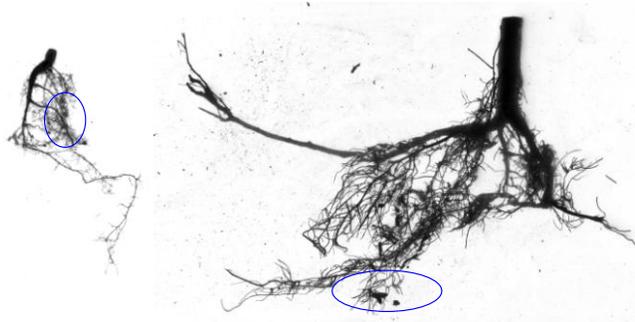


Figura 11. Raíces de *Gliricidia sepium* (Cocuite). El círculo muestra la ubicación de los nódulos de bacterias fijadoras de nitrógeno o bacterias nitrificantes. Foto de Madero (2006).

Los HMA (hongos micorrizógenos arbusculares) son muy importantes para las plantas. Aumentan la eficiencia de la captación de agua y nutrientes, la resistencia a patógenos y a condiciones ambientales adversas como sequía, niveles elevados de sales, pH y contaminantes. Además, aumentan la duración de la floración, favorecen el desarrollo de un mayor número de flores o inflorescencias y por tanto, de un mayor número de frutos y de semillas por fruto. También estimulan el crecimiento y la producción de biomasa de las especies nativas trasplantadas en campo.

Los hongos formadores de micorrizas contribuyen a la formación de agregados por lo que estructuran y retienen el suelo y la materia orgánica, reduciendo o evitando la erosión que el agua y viento producen. Además, mantienen las comunidades microbianas del suelo, como bacterias, protozoarios y pequeños invertebrados, los cuales ayudan a romper las hojas secas y convertirlas en materia orgánica y en nutrientes.

La diversidad de los HMA depende del área de estudio, la estación del año, las características del suelo, así como del grado y tipo de perturbación. En las zonas más conservadas, con alta riqueza de especies vegetales y con mayor complejidad en la estructura de la vegetación (presencia de estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo), la diversidad de HMA es mayor. También se ha encontrado que las plantas que demandan luz se encuentran más asociadas a los HMA que aquellas que prefieren la sombra.

Debido a las ventajas que los HMA ofrecen a la planta y al suelo, se recomiendan utilizarlos para la reforestación y la restauración de sitios deforestados y de suelos áridos o degradados, siendo la arena de los médanos un suelo que se beneficia ampliamente de estos hongos.

Para garantizar la presencia de HMA en el sustrato utilizado para la germinación y/o el crecimiento, este suelo se debe coleccionar directamente del hábitat de la especie que se desea producir y en las cercanías de las raíces de árboles maduros, ya que los HMA se encuentran asociados a las raíces de las plantas. De preferencia la colecta de sustrato debe llevarse a cabo en parches de vegetación en estados intermedios de la sucesión, es decir ya con una cubierta de matorrales, y conservados para garantizar una mayor diversidad de HMA. También se

recomienda coleccionar en el hábitat de la especie raíces finas de distintos árboles maduros y cortarlas en segmentos de 1cm, agregando aproximadamente 3 gramos de raíces por plántula (equivalente a dos cucharadas soperas) a las bolsas donde están creciendo las plántulas. A la combinación de sustrato con HMA y de los segmentos de raíces finas se le denomina inóculo.

El inóculo puede agregarse en el momento de la siembra o cuando las plántulas alcanzan al menos 5cm de altura del tallo. En este último caso, se abre un hoyo a la altura de la raíz, a una profundidad aproximada de 5cm y se introduce el inóculo, posteriormente se vuelve a tapar el hoyo y se aplica inmediatamente el riego. Se recomienda inocular en horas tempranas de la mañana o en la tarde, cuando las temperaturas son más bajas, para evitar el estrés de las plántulas.

Si no se cuenta con inóculo, se puede tomar arena de la zona, aproximadamente 100 gr. por maceta a inocular, en un lugar donde haya abundantes plantas leñosas. Se pone en agua y se agita y deja reposar. También a esa misma en agua se le agregan unos trocitos de raíces de plántulas previamente inoculadas o de plantas de la zona donde se hayan observado hifas de micorrizas. Este sobrenadante y raíces trozadas se deben agregar a la bolsa donde se sembró la plántula.

La inoculación de las plántulas debe hacerse lo más pronto posible para garantizar una colonización más rápida del HMA y así obtener a la brevedad los beneficios que éste ofrece.

### **TRANSPLANTE DE PLANTAS EN DUNAS COSTERAS**

Las especies que se probaron para la reforestación fueron seleccionadas por la comunidad de La Mancha y de San Isidro quienes las reconocen como especies útiles para leña, postes construcción, forraje o medicinales.

En el cuadro 3 se presentan algunos datos sobre la supervivencia de especies en una plantación experimental sobre dunas costeras. A la fecha se tienen datos de la supervivencia después de 1 año de sembradas de tres especies, y para el resto datos de supervivencia 4 meses después de sembradas. Estos datos representan

valores de 50 plantas de cada especie sembradas en el sol directo y 50 sembradas a la sombra, es decir en núcleos de vegetación ya establecidos.

**Cuadro 3.** Datos de la supervivencia de especies en una plantación experimental sobre dunas costeras, a los cuatro meses de edad y al año.

Nombre común	Nombre científico	Porcentaje de supervivencia			
		4 meses		1 año	
		sol	sombra	sol	sombra
Roble	<i>Tabebuia rosea</i>			8	86
Cocuite	<i>Gliricidia sepium</i>			14	9
Guaje	<i>Leucaena leucocephala</i>			50	86
Tronadora	<i>Tecoma stans</i>	78	48		
Caoba	<i>Swietenia macrophylla</i>	56	92		
Guanacaste	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	32	70		
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>	56	98		
Palma apachite	<i>Sabal mexicana</i>	70	88		

### **Material y método**

Para llevar a cabo la plantación se requiere contar con:

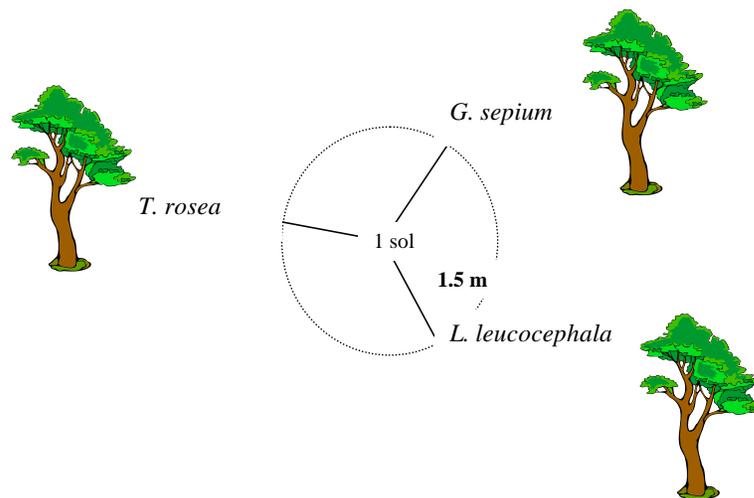
- plantas entre entre 20 y 40 cm de altura (generalmente llegan a esta altura en 4 meses)
- Hidrogel
- Contenedores de agua de 200L
- 4 cubetas de 12 ó 20L (una cubeta por persona)
- 4 recipientes de 1 litro (un recipiente por persona que siembre)

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 y sus habitantes –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 plantación de varias especies, semejando las selvas y acahuals que existen de manera natural.

Por tanto, se plantea un diseño de la plantación que consiste en áreas circulares de 1.5 a 5 m de radio y en tres puntos equidistantes se coloca una plántula de diferente especie (Figura 12). La distancia entre plantas deberá obedecer al tamaño de la copa del árbol. En el centro del círculo se coloca una estaca con el número de réplica. Esto con el fin de tener ubicadas las plántulas introducidas al campo y facilitar el monitoreo si es que aplica. Si las plantas serán monitoreadas, a cada una se le coloca una etiqueta metálica con los datos de identificación y cinta plástica de color que permita ubicarlas.

Las fechas de monitoreo pueden corresponder a cada época (lluvias, secas, nortes) o bien pueden ser anuales. Ello permitirá saber como van creciendo las plantas y que supervivencia hay y llevar un control de la propia plantación.

Figura 12. Diseño de las unidades de transplante para la parcela demostrativa.



### Preparación del hidrogel

El hidrogel es un material que viene en forma de cristales (similar a la sal de grano) y que al agregarle agua, la absorbe y forma una especie de pequeños trozos de gelatina que mantiene el agua accesible para las raíces de las plantas mucho tiempo. Un kilo de hidrogel tiene un costo de \$100.00 a 120.00 y sirve para aproximadamente 130-150 plantas. Se puede comprar en las tiendas de jardinería o agroquímicos, pero si desea comprar por bulto de 25Kg se puede solicitar a Soluciones Eco Agro industriales Dirección: Parque Madin 21-A Fuentes de

Satélite, Atizapan de Zaragoza Edo. de México CP 52998 Tel. y Fax. 01 (55) 53 44 01 46 o en comercios similares. Es importante mencionar que la inversión inicial nos permitirá tener un mayor porcentaje de supervivencia y ahorrar el dinero y el tiempo que se invierte en riegos.

Por cada 200 litros de agua se vierte 1 kilo de hidrogel. El agua con la que se hidrata el gel debe de ser dulce, ya que entre más salobre sea el agua el hidrogel disminuye su capacidad de absorción. Se utiliza 1.5 litro de hidrogel preparado por cada cepa donde se va a plantar una plántula. Ello va a permitir aumentar la humedad en las raíces de las plantas. La plantación se debe de realizar preferentemente en fechas que corresponden a la época de lluvias, para que éstas sirvan de riego natural.

Se debe de elegir el área de siembra, la cual debe ubicarse en zonas de dunas con una cubierta vegetal herbácea y de preferencia se coloca la planta cerca de otra planta (establecida naturalmente) que pueda darle sombra por lo menos durante una parte del día. Ya que la arena expuesta directamente al sol puede llegar a calentarse más de 50°C lo que afecta la capacidad de sobrevivir de las plantas (Cuadro 3). También pueden utilizarse áreas cubiertas por vegetación arbórea donde el suelo está despejado de hierbas. En este caso se realiza un enriquecimiento de la vegetación con las especies que son aprovechables (Figura 13).

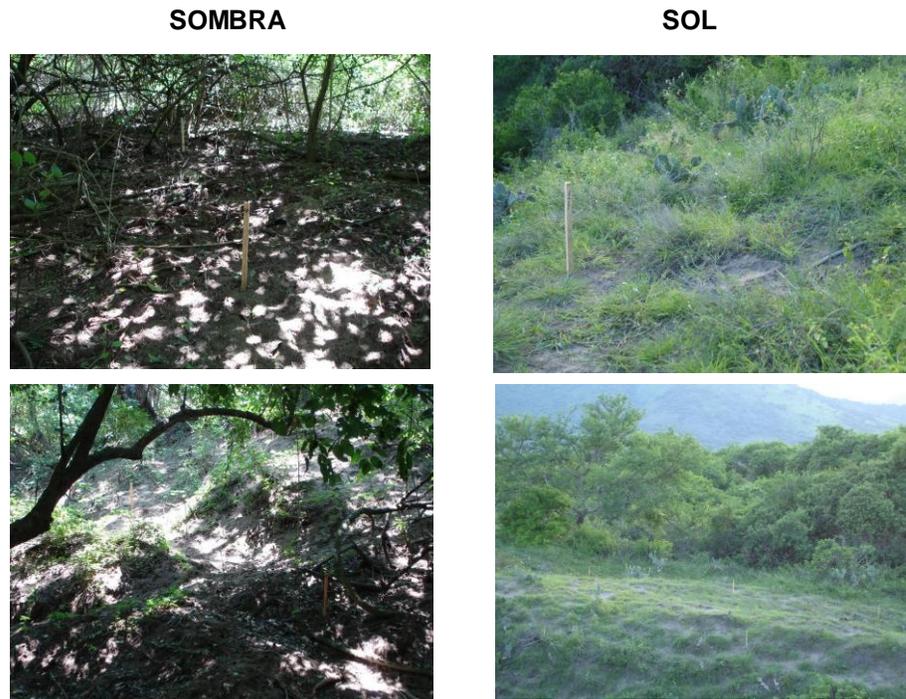


Figura 13. Ejemplo de áreas de dunas costeras donde se ha establecido una plantación experimental. A. Condiciones de sombra B. Condiciones de radiación solar directa. Puede verse que en ambos casos el terreno ya tiene una cubierta de vegetación.

Después de las primeras lluvias se lleva a cabo el trabajo de siembra, para lo cual se requiere hacer los hoyos donde se sembraran las plantas. Se utiliza un cava-hoyos de 20 cm de diámetro con el cual se extrae la arena hasta una profundidad de 30 cm (Figura 14).



Figura 14. Extracción de la arena con un cava-hoyos para liberar el espacio donde se introducirá la planta.

***Procedimiento de siembra:***

En las figuras 15 a 19 aparecen los pasos a seguir para sembrar las pequeñas plantas en los médanos para tener una plantación.



**Figura 15.** Paso 1: se hace un hoyo de alrededor de 30 cm de profundidad y 20 cm de diámetro.



**Figura 16.** Paso 2: se vierte 1.5 L de hidrogel en el hoyo.



**Figura 17.** Paso 3: se libera la planta de la bolsa de plástico con una navaja o cuchillo procurando que el sistema radicular no se dañe.



**Figura 18.** Paso 4: se coloca la planta dentro del hoyo, es importante que las raíces tengan contacto con el hidrogel, es recomendable que la mitad de las raíces queden inmersas en el gel.



**Figura 19.** Paso 5: finalmente la planta es cubierta con la arena que fue extraída del mismo lugar.



### ***Riegos posteriores***

Cuando la época de lluvias termina, la arena pierde humedad paulatinamente y es cuando el gel aporta el agua necesaria para la supervivencia de la planta. Sin embargo, después de dos meses de la última lluvia es necesario comenzar el riego.

Para revisar la condición de deshidratación en la que se encuentra el hidrogel, éste debe de ser extraído de alguna de las plantas para revisar cuanta agua ha perdido (se extrae la arena hasta llegar al gel). Cuando el hidrogel está muy seco debe de administrarse nuevamente el riego. Generalmente se puede mantener el riego cada 45 días. El riego debe de realizarse por la tarde pues es cuando el calor y la luz solar comienzan a disminuir, además de que la planta tendrá buenas condiciones para hidratarse durante el transcurso de esa noche.

Si la zona reforestada está muy apartada de una fuente de agua, el riego se realiza con la ayuda de garrafas que son acarreadas en burro desde la fuente de agua más cercana (Figura 20). El riego puede ser administrado directamente desde el contenedor de agua cargado por el burro a través de una manguera o bien el agua se puede verter en un tambo y con cubetas el agua se acarrea por las personas hasta cada planta. Si se incrementa la frecuencia de riego durante el año, hasta que las plantas ya estén bien establecidas, se podrán tener mayor velocidad de crecimiento



Figura 20. Transporte de agua y riego en época de secas.

### ***Monitoreo de la plantación***

Es importante determinar que especies son la que tuvieron el mayor establecimiento y bajo que condiciones (sombra o sol), para que esas sean las especies que se utilicen en reforestaciones masivas.

Para evaluar las condiciones de la planta se pueden utilizar las siguientes categorías:

1. Planta con hojas turgentes es decir que no muestran señales de debilitamiento o deshidratación y el ápice de la punta o puntas con brote (es una planta ya aclimatada)
2. Planta con hojas semiturgentes o sin hojas, pero con pequeños brotes (planta en proceso de aclimatación)
3. Plantas muertas

El monitoreo también puede incluir el medir la altura de las plantas con un metro o flexómetro (de la base a la punta o ápice principal). También se puede medir el área basal o diámetro del tronco para ver como va engrosando. Cuando son pequeñas se requiere un instrumento llamado vernier manual o electrónico.

Algunas plantas se debilitan después del transplante y como consecuencia el tallo principal muere pero en poco tiempo comienzan a brotar tallos laterales, un ejemplo de ello es el guaje. 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, que durante la época de secas parece que 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.

## **LAS ESPECIES**

### **Caoba (*Swietenia macrophylla*)**

Es un árbol perennifolio o caducifolio, de 35 a 50 m (hasta 70 m). Los árboles son caducifolios en las zonas más secas de su área de distribución. Los frutos maduran de noviembre a enero. Las semillas se pueden obtener desde finales de enero hasta principios de marzo. Los frutos son cápsulas leñosas, ovaladas, dehiscentes desde la base y se abren en 4 ó 5 valvas. El número de semillas por fruto es de 40 a 60, provistas de una prolongación en forma de ala de 6 a 7 cm de

largo. La recolección de los frutos se hace directamente de los árboles antes de que abran; se secan al sol y se limpian a mano. Los frutos de mayor peso y tamaño contienen las mejores semillas, por lo que son este tipo de frutos los que tienen que recolectarse y así garantizar la mayor cantidad de semillas capaces de germinar. Las semillas más pesadas son de mejor calidad biológica. No presenta latencia. Permanecen viables por 4 meses cuando se almacenan a temperatura ambiente en un lugar fresco. El mejor registro de almacenamiento indica el 89% de viabilidad después de 1,638 días (poco más de 5 años) a una temperatura y contenido de humedad bajísimos.

La germinación se inicia a los 20 días y se completa a los 40 días de sembrada. El tiempo promedio de germinación es de 28 días a temperaturas entre 26 y 31 °C, alcanzando un porcentaje de germinación de 40 a 70%. Se puede obtener el 95% si la siembra se lleva a cabo con semillas recién colectadas. Las semillas grandes germinan mejor que las pequeñas.

La caoba sembrada en las dunas, de 4 meses de edad, con tallas ligeramente mayores a los 20 cm, sembrada con hidrogel, presenta una supervivencia de 56% en condiciones de sol y 92% en condiciones de sombra a los cuatro meses. Sin embargo en muchas de las plantas muere el ápice por lo que la altura es en algunos casos mayor que la original y en otros es menor (Figura 21). Es una especie de lento crecimiento. Para su cultivo la siembra se realiza en hileras a 15 cm de distancia, para una densidad de 60 a 80 por m<sup>2</sup>; se cubren con 1 a 1.5 cm de tierra tamizada; tardan 18 a 20 días en germinar y se repican un mes más tarde, cuando tienen 7 a 8 cm de altura. Debe mantenerse el suelo muy húmedo y protegido contra el sol en los primeros 2 ó 3 meses; se trasplanta a los 6 u 8 meses, cuando tiene de 20 a 25 cm de altura. Se siembra cuando el brote terminal ha endurecido y cuando alcanzan 1 a 2 m de altura. La distancia de plantación es de 3 x 3 m; también se ha recomendado la distancia de 7 x 4 m. En terreno totalmente descubierto sufren por falta de humedad, necesitando plantas protectoras. El árbol soporta poda sanitaria.

**Cedro (*Cedrela odorata*)**

Los frutos maduran en abril y mayo del año siguiente cuando el árbol ha tirado sus hojas. Los frutos son cápsulas leñosas que se abren (dehiscentes), con 4 a 5 valvas o secciones. Las semillas son aladas, de 2 a 3 cm de largo incluyendo el ala, morenas, adheridas al eje. Las cápsulas se colocan al sol durante 36 horas para que se abran. Las semillas se pueden extraer a mano de las cápsulas o bien cribándolas a través de una red de 0.60 cm de malla. Una vez colectadas se secan al sol unas cuantas horas y luego a la sombra por una o dos semanas. También se puede reproducir por hijuelos.

La semilla se conserva bien por lo menos 9 meses a una temperatura fría, de 2 a 3 °C, esté o no herméticamente envasada. El mejor registro que se tiene de almacenamiento muestra el 86% de viabilidad de las semillas después de 304 días de estar almacenadas a 2 °C de temperatura y 4% de contenido de humedad. Secas, a temperatura ambiente, fresca, se mantiene unos pocos meses.

La germinación se inicia a los 10 ó 12 días y se completa a los 25 ó 30 días en temperaturas más o menos altas, alrededor de los 26 a 35 °C, tanto a la luz como en la oscuridad. La germinación alcanza entre 50 y 85%. Las semillas colectadas en las dunas y germinadas en un invernadero en la zona alcanzan valores altos de 90% en la sombra y 85% en la oscuridad total, pero no germinan al sol directo. Requieren condiciones de humedad para germinar ya que tampoco germinaron bajo condiciones de sequía. La arena es el mejor sustrato para que germinen pues en la mezcla de suelo y arena solo se consiguió una germinación de 21%. No requiere tratamiento previo para germinar mejor. Las semillas de las dunas almacenadas ocho meses no germinaron, por lo tanto se recomienda usar semillas recién colectadas.

Las semillas recién colectadas, y colocadas en la superficie de la arena de las dunas directamente en el campo, alcanzaron sus máximos porcentajes de germinación a los 4 meses. A la orilla de matorrales o a la sombra alcanzaron valores de germinación entre 67 y 87%, en cambio al sol fue mucho más bajo.

Es una especie de rápido crecimiento, aunque en las dunas crece más lentamente. En los médanos se sembraron plántulas de 4 meses de edad, con una altura de 10cm, con hidrogel, y presentaron una supervivencia de 56% en condiciones de sol y 98% en condiciones de sombra, después de 4 meses de sembradas. La altura de las plantas que se registró a los cuatro meses de transplantadas en sombra fue de 19 cm y en sol de 15 cm (Figura 21).

La siembra se puede hacer en camas semilleros o almácigos a media sombra y germina en 12 días. Para la plantación se recomienda una densidad de 60 plantas por hectárea, en asociación con otras especies, a fin de reducir los posibles ataques del barrenador de brotes *Hypsipyla grandella*.

### **Ciruelo (*Spondias mombin*)**

Es un árbol o arbusto caducifolio con frutos de tipo drupa, de color rojo purpúreo o amarillo, ovalados con un hueso de 0.50 a 0.75 cm de largo, grande, fibroso por fuera; contiene de 1 a 5 semillas. Fructifica de mayo a julio.

No se tiene información sobre la forma de colecta y almacenaje de semillas, ni tampoco sobre su germinación. Se ha visto que se propaga muy fácilmente y se pueden cultivar muchas formas agronómicas. Las semillas germinan bien cuando son cubiertas con humus. Tolera bien el corte o poda. Se puede propagar por estacas o esquejes de tallo o bien por acodos.

### **Cocuile (*Gliricidia sepium*)**

Es un árbol o arbusto caducifolio, con vainas alargadas que se abren a lo largo, entre (febrero) marzo a junio (julio). La colecta de semillas se recomienda antes de que abran las vainas. No posee ningún tipo de latencia. La semilla puede conservar su viabilidad hasta por 4 años, a una temperatura de 5 °C, empacada en bolsa plástica sellada o en frasco hermético de vidrio. El porcentaje de viabilidad de la semilla es variable, dependiendo del tiempo que pase almacenada. Recién cosechadas éste suele ser del 95 al 100 %, pero después de un año, la viabilidad se reduce dramáticamente.

Ensayos hechos con semillas no provenientes de las dunas muestran que la germinación es alta y uniforme, generalmente mayor del 90 %. Se presentan semillas de 2 colores: café oscuras y café claras. Las semillas oscuras no germinan también como las claras (33 y 84% respectivamente). Cuando las semillas llegan a envejecer, la proporción de semillas oscuras se incrementa. Las semillas no requieren ningún tratamiento antes de ponerlas a germinar, pero se pueden remojar en agua por 24 horas para acelerar la germinación o bien liarlas ligeramente con una lija suave.

Ensayos hechos con semillas colectadas en dunas muestran que la germinación es muy pareja bajo distintas condiciones. Se puede poner a germinar a la sombra, exposición directa al sol y puede tolerar escasez de agua mientras germina y en todos los casos supera el 70%. La germinación es similar bajo sustrato 100% arena y 50% arena- 50% tierra. Las semillas almacenadas durante ocho meses no pierden viabilidad, por tanto se pueden ocupar en el momento que se requiera para obtener las plántulas para la reforestación.

Es una especie de muy rápido crecimiento (aún en zonas semiáridas) y rápido desarrollo de la superficie de hojas (foliar). Tiene nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces. El establecimiento y la formación de nódulos en estacas recién plantadas se inician entre el segundo y tercer año de plantadas.

La producción de planta en vivero se hace en árboles en bolsa. Se llenan las bolsas con una mezcla de suelo, arena y materia orgánica descompuesta en una proporción 2:1:1 o bien solo arena con micorrizas de la zona. Se necesitan 12 semanas para obtener plantas de 30 cm o más, aptas para plantación en campo. La semilla también se siembra de manera directa en bandas o tiras de tierra bien preparada, de 1 m de ancho con un distanciamiento de 10 por 30 a 15 por 15 cm. Las plantas requieren de 3 a 5 meses para crecer 60 a 90 cm.

Las plántulas de 5 meses de edad, de tallas ligeramente mayores a los 3 cm, y sembradas en hidrogel en los médanos, presentan una supervivencia cercana a 25%, tanto en sombra como en sol. El tallo principal de la planta muere y en la siguiente temporada de lluvia rebrota. Por eso no presenta un crecimiento notorio de altura entre años. La altura que presentó el cocuite a un año de transplantado

para el área de sombra fue de 12 a 19 cm y para el área de sol de 22 a 25 cm. Es una especie cuyos troncos rebrotan por lo que se sugiere usar el método de sembrar estacas, en lugar de germinación.

Se puede propagar por estacas y por pseudoestacas. El tallo se corta 10 a 20 cm sobre el cuello de la raíz para producir pseudoestacas. Sin embargo, el material más apropiado es el que proviene de ramas duras, con corteza color pardo verdusco, con diámetros de 4 a 12 cm en su punto más delgado, las cuales se obtienen de brotes de 18 a 24 meses de edad, sin importar la edad del árbol padre. Pueden cortarse en cualquier época del año, pero es preferible hacerlo antes de la estación lluviosa, cuando el árbol está sin hojas. Las estacas pueden permanecer hasta 15 y 22 días bajo sombra, en un lugar fresco, antes de ser plantadas. El uso de hormonas puede mejorar el enraizamiento aunque no es necesario. Las estacas cortadas pueden permanecer hasta 3 semanas en un sitio fresco y sombreado. Antes de sembrar se les debe realizar un corte oblicuo, para el brote de las primeras raicillas. La plantación de las estacas debe hacerse a una profundidad de 20 cm al inicio de las lluvias.

El largo de las estacas es variable, de acuerdo con el uso que se persiga. Tramos de largo de 30 a 60 cm se utilizan para barreras o setos y en bancos de germoplasma; estacas de 1 a 2.8 m se usan para cercas vivas o como sombra o soporte. En sitios muy secos las estacas grandes (más de 1 m) tienen mejor supervivencia.

Forma brotes o retoños fácilmente, por lo cual es muy apreciada. Tiene una gran capacidad de rebrote, tanto a nivel de tallo, como de tocón o raíces superficiales. Para obtener rebrotes de los tocones deben cortarse éstos a una altura de 10 a 20 cm. La época de selección de rebrotes no afecta la supervivencia, pero se sugiere realizar la cosecha en la época seca, cada 3 años. Los rebrotes mejores y más vigorosos son los ubicados más cerca de la base. Se recomienda dejar 4 ó 5 rebrotes para evitar la muerte del tocón. Un tocón presenta un promedio de 30 rebrotes, con una altura media de 1.5 m tres meses después del corte. La especie pierde su capacidad de rebrote después de 8 a 12 años.

**Espino blanco (*Acacia cochliacantha*)**

Los frutos aparecen durante enero a abril (mayo) y permanecen en el árbol después de madurar. Se colectan las semillas cuando están maduras, o sea cuando las vainas cambian de color verde a café oscuro y las paredes del fruto se tornan duras. La extracción se hace presionando la vaina fuertemente con los dedos por las líneas de ruptura o dehiscencia. Las semillas perfectamente limpias y seleccionadas (que sean semillas rellenas) se secan a temperatura ambiente a la sombra de 10 a 15 días. Las semillas secas se colocan en frascos oscuros y herméticos y se almacenan a una temperatura ambiente. Pueden ser almacenadas por largos períodos sin pérdida de viabilidad entre 3 y 15 años. Presentan latencia física ya que tienen una cubierta impermeable al agua.

El tiempo promedio que tarda en germinar es de 12 días, germinando 50 a 85%. Para que germinen más rápidamente se sugiere escarificarlas mecánicamente, aunque también se puede poner sobre la superficie de la arena al sol, durante 60 días, para que quede expuesta a grandes fluctuaciones de temperatura. No responde al tratamiento de inmersión en agua caliente.

Especie de rápido crecimiento, asociada a bacterias fijadoras de nitrógeno. Los arbustos toleran bien la poda mecánica. Cuando las semillas son plantadas a 2 cm de profundidad en el suelo, se da una emergencia óptima de las plántulas. La talla óptima para su trasplante se obtiene a los 3 meses. Sin embargo, el método más frecuente para su cultivo y empleo en cercas vivas.

**Guaje (*Leucaena leucocephala*)**

Fructifica a lo largo del año. Los frutos maduran en las zonas de dunas principalmente de marzo a abril. Se colectan las vainas cuando están maduras (cuando cambian de color verde a rojizo). Hay que cortarlas antes de que se abran. Deben ser secadas al sol sobre mallas o lonas durante el día.

Pueden almacenarse en seco ya que sus semillas tienen una longevidad que oscila entre los 3 y 15 años. Presentan latencia física ya que la semilla tiene una cubierta impermeable. Se pueden almacenar por varios años a temperaturas frías

5-7°C cuando se reduce la humedad relativa de las semillas. Es una especie de rápida velocidad de germinación. Se inicia a los 3 días y se completa a los 8 días, obteniéndose un 50-85 % de germinación, ya que es muy variable. Las semillas colectadas en las dunas muestran valores de germinación menor al 45%, aunque tienen una ligera preferencia por las condiciones de sombra. En condiciones de escasez de agua la germinación es muy baja, por lo que hay que mantener el sustrato húmedo. La presencia de tierra en el sustrato no mejora la germinación en comparación con el sustrato arenoso.

Un tratamiento antes de la germinación puede ayudar. Entre los que han dado buen resultado está la inmersión en agua caliente a temperatura de 75 a 85 °C por 3 a 6 minutos y se dejan enfriar, o bien en agua a temperatura ambiente por 3 horas y se siembran. La escarificación mecánica o lijado de las semillas hasta perder el brillo natural aumenta la germinación. La germinación a los ocho meses de edad baja considerablemente, obteniéndose porcentajes de alrededor de 20%. Se sugiere usar semillas recién colectadas.

Es una especie de rápido crecimiento, con una longevidad de 50 años. Es lenta para establecerse, pero una vez establecida, su productividad es alta aún bajo defoliación regular. El follaje se usa como abono verde y para alimento de ganado. El guaje de 5 meses de edad, con tallas alrededor de 85 cm y sembrado con hidrogel en los médanos, presenta una supervivencia de 80% en condiciones de sol y 50% en condiciones de sombra (Figura 21). El tallo principal del guaje en condiciones de sol frecuentemente muere y desarrolla rebrotes que originan tallos secundarios por lo que no alcanza las tallas que el original. El tallo en condiciones de sombra sufre menos daños y mantiene el tallo principal pero en ocasiones muere el ápice apical, entonces las yemas en desarrollo en el tallo se convierten en las ramas principales. La altura que presentó el guaje a un año de transplantado para el área de sombra fue de 70 cm y para el área de sol fue de 110 cm. En algunos países se poda para obtener una planta baja con muchas ramas y abundante follaje para forraje.

**Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*)**

Es un árbol que pierde sus hojas cuando fructifica, de febrero a abril. Los frutos maduran de marzo a abril, durante las secas. Para almacenarlos, se recolectan de los frutos maduros caídos al suelo. Las semillas se extraen manualmente. Los frutos caen al suelo cuando maduran y son comidos por el ganado y los caballos. El caballo es un intenso agente predador-dispersor. Este animal traga del 25 a 62% de las semillas de los frutos que consume (un promedio de 46 a 71 frutos por día) y escupe un 40 a 75% de las semillas al momento de masticar los frutos. El ganado mata, durante los procesos digestivos, un máximo de 14 a 21% de las semillas ingeridas y en contraste el caballo mata alrededor de un 44 a 83%. El caballo defeca al menos 9 a 56% de las semillas viables, mientras que un 79 a 86% de las semillas sobrevive el viaje a través del ganado. Los caballos en sus excretas pueden llegar a dispersar las semillas distancias considerables cientos de kilómetros.

Presentan latencia física, impuesta por la presencia de una testa dura, resistente e impermeable. Las semillas sin escarificar pueden conservarse vivas y latentes por al menos 5 años aún sumergidas en agua. Las semillas son extremadamente duras. Tienen una longevidad que oscila entre los 3 y 15 años.

La germinación en condiciones normales es muy tardada debido a su testa dura. Con escarificación se logra la germinación en un lapso de 14 a 20 días, con un porcentaje de germinación entre 50 y 85%. Si la testa se remueve se logra el 100% de germinación, en condiciones húmedas. Entre los tratamientos previos a la germinación, se pueden sumergir en agua caliente (75 ó 100°C) durante 3 a 6 minutos, o bien escarificación mecánica (lija o lima). Cuando se recolecta las semillas en un ambiente árido, el tratamiento de calentamiento en un horno a 45°C produce la mayor tasa de germinación. Así mismo, las semillas colocadas en estiércol húmedo dentro de una bolsa, logran una germinación alta y rápida.

La germinación de semillas colectadas en dunas, una vez escarificadas, mostró valores semejantes en los dos sustratos usados, sustrato de 100% arena y 50% arena-50% tierra, así como a la sombra y bajo el sol directo. Alcanzan un porcentaje de germinación algo superior al 30%, aunque se pueden obtener

valores mayores. Las semillas no pierden viabilidad durante el almacenaje de ocho meses, por tanto se pueden ocupar en el momento que se requiera para obtener las plántulas para la reforestación.

Las semillas recién colectadas y sin escarificar colocadas directamente sobre la arena en las dunas, alcanzaron sus máximos porcentajes de germinación a los 224 días. Bajo condiciones más abiertas, donde hay fluctuaciones de temperatura, lograron una germinación entre 14 y 22%. Bajo los matorrales fue más baja, menor a 10%.

Es una especie de rápido crecimiento (en condiciones de alta luminosidad). Presenta nódulos fijadores de nitrógeno en las raíces. Las plántulas de guanacaste de 4 meses de edad, y con tallas alrededor de 35 cm, sembradas con hidrogel en las dunas, presentan una supervivencia de 32% en condiciones de sol y 70% en condiciones de sombra, a los cuatro meses. La altura de las plantas que se registró a los cuatro meses de transplantadas es en sombra de 29 y en sol de 28 cm (Figura 21).

Puede sembrarse en cama semillero y le favorece la media sombra. Puede transplantarse a los 30-60 días de edad cuando alcanza 10 cm de altura. Se sugiere adicionar urea en los primeros meses de crecimiento. Se debe deshierbar durante las primeras etapas.

### **Guázimo (*Guazuma ulmifolia*)**

Los frutos maduran casi todo el año, especialmente de septiembre a abril y permanecen largo tiempo en el árbol. Son cápsulas con numerosas protuberancias cónicas en la superficie, café oscura a negra que son las semillas. Los frutos maduros se pueden colectar directamente del árbol o del suelo y para extraer las semillas es necesario macerar los frutos. Se pueden almacenar en recipientes sellados en lugares frescos hasta por un año. La viabilidad se pierde rápidamente sin refrigeración.

El tiempo promedio que tarda en germinar es de 70 días y el porcentaje de germinación es muy bajo, entre 4 y 13%. Con un tratamiento antes de ponerlas a

germinar consistente en sumergirlas en agua bastante caliente aumenta el porcentaje de germinación.

También se puede reproducir por estacas. Se utilizan pseudoestacas y se requiere de 5 a 8 meses para que éstas alcancen un diámetro de 1.5 a 2.5 cm en el cuello. En otras regiones, además de usarse como cerca viva, se hacen plantaciones de estacas para obtener follaje que usar para alimento del ganado. El follaje se puede usar verde, como heno o en forma de harina.

### **Guayabo (*Psidium guajava*)**

Es un árbol o arbusto que puede mantener las hojas todo el año (perennifolio) o bien perderlas durante una época (caducifolio). Los frutos son bayas con semillas redondas de 3 a 5 mm, rodeadas de una pulpa amarillenta a rosada de sabor muy agradable. Los frutos maduran de 90 a 150 días después de la floración. La recolección de los frutos se lleva a cabo cuando los frutos están inmaduros (amarillo-verdosos) para proteger la cosecha de los pájaros y se maduran artificialmente durante 6 días en un cuarto a temperatura ambiente. Las semillas permanecen viables por muchos meses cuando son secadas y almacenadas a bajas temperaturas.

A menudo germinan en 2 ó 3 semanas pero pueden tomarse hasta 8. Para acelerar la germinación, las semillas pueden escarificarse poniéndolas a remojar en agua por dos semanas o bien se ponen en agua caliente por 5 minutos.

Es una especie de rápido crecimiento, con una longevidad de 30 a 40 años. La distancia óptima de plantación es de 10 m, pero se pueden plantar a 5 m para establecer una barrera o cerco vivo. Se sugiere realizar la siembra en envase

Se puede reproducir también mediante esquejes, acodo aéreo, por la técnica de "cavas" o hijuelos de raíz y por yemas. También se han usado estacas mediante cortes de raíz y de tallo. Por estacas se logran mejores resultados cuando son de madera suave (esqueje semileñoso). Se pueden realizar cortes en raíces laterales para que rebroten chupones. Se obtienen hasta 6 plantas por árbol, pero hay un 50 % de supervivencia y los cortes provocan ataque por virus a la planta madre.

### **Icaco (*Chrysobalanus icaco*)**

Las semillas recién colectadas terminan de germinar hasta los 3 meses de edad. Los máximos porcentajes de germinación en esta especie no alcanzaron el 50%. Sin embargo, el más alto porcentaje de germinación se alcanzó con semillas almacenadas seis meses y el más bajo se obtuvo con semillas recién colectadas (36% y 23% respectivamente).

Las semillas de icaco puestas a germinar directamente sobre la arena, alcanzaron sus máximos porcentajes de germinación a los 224 días de colocadas. El mayor porcentaje de germinación se obtuvo en semillas colocadas bajo un matorral cerrado y en el borde (48% y 48% respectivamente). Bajo un matorral abierto o en el sol la germinación fue muy baja (4%) o nula.

### **Moquillo (*Cordia dentanta*)**

Las semillas colectadas en las dunas germinaron alcanzando un 30% cuando colocadas a la sombra y un 59% al sol. Sin embargo no toleran la sequía, requieren humedad para germinar. Prefieren la arena como sustrato a la mezcla de arena suelo. A los ocho meses se ha perdido la viabilidad considerablemente, por lo que se sugiere utilizar semillas recién colectadas.

Las plántulas de moquillo presentan una supervivencia de 61% en condiciones de sol y 30% en condiciones de sombra, a los cuatro meses de siembra. Para plántulas sembradas a la edad de 4 meses y con tallas de entre 5 y 6 cm, la altura de la planta de moquillo en sombra es de 8 a 10 cm y en sol de 9 a 12 cm.

### **Ojite, ramón (*Brosimum alicastrum*)**

Es un árbol grande, de selva, muy apreciado por los múltiples usos que tiene. Los frutos maduran de (febrero) marzo a mayo (junio) y su desarrollo es muy rápido. Las semillas se recolectan directamente de los árboles, durante la estación en la cual maduran las semillas. Deben de procesarse rápidamente, pues si no germinan en el fruto a los pocos días. El pericarpio o cubierta carnosa del fruto se remueve y las semillas se secan al sol unas cuantas horas. Se secan y se pueden

almacenar a temperatura ambiente, aunque solamente conservan su viabilidad por 3 meses.

La germinación de las semillas se inicia a los 10 días terminando hacia los 24 días, obteniéndose un 84 a 88% de germinación. Para acelerar la germinación se pueden sumergir en agua a temperatura ambiente durante 24 horas. La arena funciona bien como sustrato para germinar.

La primera siembra puede realizarse en cama semillera, recomendándose media sombra. Para obtener plántulas las semillas se siembran en los semilleros a una distancia de 10 x 10 cm. Se transplantan en bolsas negras de 10 cm de ancho x 20 cm de largo al alcanzar los 15 cm. El trasplante definitivo se hace cuando la planta alcanza 50 cm de altura, a distancias no menores de 3 x 3 m. Se riegan cada 3 días. Responde bien a las podas. Las plantitas se comienzan a podar al alcanzar los 3 m de altura. Se deben deshierbar cada 2 años o antes.

También se reproduce por estacas, usando longitudes de 1 a 3 m de alto y de 5 a 15 cm de diámetro y se siembran a una distancia de 1 a 3 m. Los árboles propagados por estacas producen frutos en menos de 5 años. Es una especie de lento crecimiento y de muy larga vida. Sólo individuos mayores de 20 m de altura producen flores o frutos.

### **Palma apachite (*Sabal mexicana*)**

La germinación de esta especie alcanza valores altos y requiere entre 1 y 4 meses. Es de lenta germinación. Semillas colectadas en las dunas, a los 30 días de estar en sustrato húmedo, se habían obtenido una germinación bajo todas las condiciones algo superior al 10%.

La palma apachite presenta una supervivencia de 70% en condiciones de sol y 88% en condiciones de sombra. Para plantas de 6 meses de edad y tallas de poco más de 20 cm, sembradas con hidrogel en las dunas, a los cuatro meses de edad se encontró que las primeras hojas se marchitaban e iniciaba el crecimiento

la hoja nueva e iniciaba el crecimiento de hojas nuevas. Para este tiempo se siembra aún no se registra crecimiento (Figura 21).

### **Palo mulato (*Bursera simaruba*)**

Los frutos maduran de octubre a marzo, aunque en diferentes momentos. Se cosechan con ganchos en el verano y las semillas se limpian a mano. Las semillas permanecen viables por 10 meses. Las semillas se secan y almacenan a temperatura ambiente.

Las pruebas de germinación han mostrado que es una especie de velocidad de germinación intermedia. Se inicia a los 13 días y se completa a los 55 días, obteniéndose un 75% de germinación a los 22 días aproximadamente. El 40% de la germinación ocurre dentro de los 20 primeros días después de la siembra.

Es una especie longeva, de rápido crecimiento. Es de fácil reproducción y prendimiento por estacas con una alta capacidad de enraizamiento en el terreno. Las ramas verdes introducidas en la tierra enraízan rápidamente y crecen en forma vigorosa. También tolera bien el corte o poda. Se regenera velozmente después de talado.

Es una especie de rápido establecimiento y es ampliamente usada por su fácil reproducción y prendimiento por estacas. No requieren de cuidados especiales y se mantienen por tiempos muy largos satisfactoriamente. Los árboles derribados por el viento desarrollan brotes o chupones que pronto se convierten en troncos tan grandes como el original. Las estacas tienen alta capacidad de enraizamiento en el terreno. Las ramas verdes introducidas en la tierra enraízan rápidamente y crecen en forma vigorosa. Cortes de tallo.

### **Palo de rabia (*Karwinskia humboldtiana*)**

Existe muy poca información sobre esta especie. Su germinación es muy baja, menor al 8%. La mayor germinación para las semillas recién colectadas se da al sol, alcanzando solamente un 10% prefiriendo la arena como sustrato. Las semillas almacenadas ocho meses germinaron al sol 6% y no germinaron bajo condiciones de sequía.

### **Quebracho (*Diphysa robinoides*)**

Las semillas de dunas tanto recién colectadas como almacenadas, empezaron a germinar al cuarto día y alcanzaron sus máximos porcentajes de germinación a los 22 días, en condiciones controladas de temperatura. Los porcentajes finales de germinación fueron entre 78% y 86%. Semillas colectadas también en las dunas y puestas a germinar en un invernadero en el sitio, presentaron los mayores valores a la sombra y sobre arena, 55%. Los valores obtenidos al sol directo, con sequía y sobre sustrato arena-tierra, fueron bastante menores.

Las semillas recién colectadas y colocadas sobre el suelo desnudo en la duna germinaron antes de los primeros 28 días y alcanzaron sus máximos porcentajes de germinación a los 122 días. Las semillas colocadas en los bordes de matorrales (sol-sombra) presentaron el más alto porcentaje de germinación (82%) y bajo el dosel del matorral bajó a 55%. En el pastizal se registró 75% de germinación de semillas.

### **Roble (*Tabebuia rosea*)**

Es un árbol caducifolio, de 15 a 25 m (hasta 30 m) con frutos en forma de cápsulas estrechas de 20 a 40 cm de largo, colgantes, conteniendo numerosas semillas aladas y delgadas. Los frutos maduran desde marzo hasta junio. No se mantienen viables muchos meses.

Es una especie de rápida velocidad de germinación. Se inicia a los 7 días y se completa a los 27 días, obteniéndose un 75% de germinación a los 12 días. Para acelerar la germinación se pueden sumergir en agua a la temperatura ambiente por 24 horas. Las semillas colectadas en dunas muestran una clara preferencia por la germinación sobre arena, bajo condiciones de sombra y con humedad permanente, alcanzando un 85% de germinación. Las semillas almacenadas durante ocho meses pierden totalmente la viabilidad, por lo que deben sembrarse recién colectadas.

La condición de sombra es la que beneficia el establecimiento del roble, con una supervivencia al año de transplantada de 86%. En el sol sobrevive en menor porcentaje mucho menor, 8%. El roble presentó, a un año de transplantadas plántulas de 5 meses y tallas de lago más de 20 cm, alcanzaron una altura en la sombra de 30 y 35.34 cm y para el área de sol de 30 a 32 cm. Aunque no se

observe una diferencia en la altura de las plantas en sol y sombra, si se observa una vitalidad mayor en las plantas colocadas en la sombra (Figura 21). Es una especie de rápido crecimiento y se puede reproducir por estacas o acodo aéreo.

### **Tronadora, San Francisco (*Tecoma stans*)**

Árbol pequeño o arbusto bajo, perennifolio o caducifolio, de 1 a 10 m. El fruto es una cápsula alargada, colgante, que se abre a lo largo del fruto para liberar muchas semillas muy finas, aplanadas y aladas. Se recolectan los frutos secos sin abrir y se almacenan en bolsas de papel a temperatura ambiente después de secarlas un poco, hasta por 7 meses.

Algunos experimentos han mostrado que la germinación necesita de 0 a 4 semanas de incubación antes de iniciar la germinación, obteniéndose una germinación de 85%. Sin embargo, en semillas colectadas en las dunas, tanto recién colectadas como almacenadas, empezaron a germinar al segundo día y alcanzaron sus máximos porcentajes de germinación entre los 6 y 15 días. La germinación fue bastante mayor con semillas recién colectadas que la de las almacenadas (90% y 58% respectivamente). La germinación de las semillas puestas en luz fue mucho mayor que la de las que germinaron en oscuridad

Las semillas recién colectadas, colocadas directamente en campo sobre la arena de las dunas, alcanzaron su máximo porcentaje de germinación a los 122 días. El porcentaje de germinación más alto se obtuvo en el borde del matorral abierto (79%) y en pastizal (52%), mientras que bajo el matorral cerrado la germinación fue del 22%.

Es un árbol fácil de propagar por semilla o por estacas de madera verde. La tronadora sembrada en hidrogel en las dunas, presenta una supervivencia de 78% en condiciones de sol y 48% en condiciones de sombra. Las plántulas introducidas tenían una edad de 4 meses y una altura de 11 cm. La altura de las plantas en condiciones de sombra a los cuatro meses de edad es de 15 cm y en sol de 14 cm (Figura 21).

## CONCLUSIÓN

El crecimiento de las plántulas de las especies arbóreas nativas en las dunas es lento, sin embargo se puede lograr una alta supervivencia en la mayoría de las especies. Para tener éxito hay reglas fundamentales, que se podrían sintetizar en:

1. Planificar, coleccionar las semillas de árboles sanos que crecen en los médanos y tener plántulas de alrededor de 30 cm para la época de lluvias
2. Contar con un lugar cercado, donde no entre ganado, y ya estabilizado con una cubierta de pastos y algunos matorrales
3. Buscar el lugar más adecuado de sol y/o de sombra para cada especie
4. Sembrar las plantas con hidrogel y regarlas periódicamente
5. Se puede añadir algo de fertilizante a partir de la segunda estación de lluvias para acelerar el crecimiento
6. Hacer un seguimiento de las plantas para saber cuáles condiciones de su predio son las más adecuadas y a qué velocidad crecen.



1



2



3



4



5



6



7



8

Figura 21. Fotografías de las plantas transplantadas a las dunas. 1. Roble, 2. Cocuite, 3. Guaje, 4. Tronadora, 5. Caoba, 6. Guanacaste, 7. Cedro y 8. Palma apachite.

**Literatura de apoyo.**

Benítez, B.G., M.T. Pulido-Salas y M. Equihua Z. 2004. Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología A.C. y Conafor. 288 pp.

Castillo-Campos, G., y A. M. E. Medina. 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. 143p.

Moreno-Casasola, P. 1977. Latencia y viabilidad de semillas de árboles tropicales. *Interciencia* 2 (5): 298-301.

Ramírez-López, C. 2007. Germinación, establecimiento y crecimiento de seis especies en matorrales de dunas costeras. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM.

Vázquez-Yanes, C., A.I. Batis Muñoz, M.I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. *Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación*. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.