

SEMARNAT

SECRETARÍA DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS NATURALES



CONAFOR
COMISIÓN NACIONAL FORESTAL

Diagnóstico General de las Dunas Costeras de México





Subgerencia de Proyectos Especiales e Información de la CONAFOR

Editores

Ma. Luisa Martínez (marisa.martinez@inecol.mx)

Patricia Moreno-Casasola (patricia.moreno@inecol.mx)

Ileana Espejel (ileana.espejel@uabc.edu.mx)

Oscar Jiménez-Orocio (jorocio@hotmail.com)

Dulce Infante Mata (dinfante@ecosur.mx)

Natalia Rodríguez Revelo (nrevelo@gmail.com)

Juan Carlos Cruz González (carloscruz_33@yahoo.com.mx)¹

Fotografías

Fotografías: Gerardo Sánchez Vigil (excepto donde se indique lo contrario); y archivo de la CONAFOR.

(gerardosanchezvigil@gmail.com)

Ilustraciones

Laura Gabriela Rodríguez Lizárraga (excepto donde se indica lo contrario)

Identificación de especies

José Luis León de la Luz, Jesús Sánchez Escalante, Gonzalo Castillo-Campos, Merari Ferrer, José Rubén García Alfaro,

Francisco Casillas-Figueroa, Miguel Domínguez León, Hugo López Rosas, Jesús Pale Pale, Verónica Espejel González,

Roger Orellana, Fernando González y Gustavo Aguirre.

Colecta de arena de la playa y dunas

Pablo Franco, Shivani Velázquez, Omar Cervantes, Tania de la Vega, y Claudia Agraz.

ISBN 978-607-8383-17-7

¹ Martínez, M.L., Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O., Infante Mata, D. y Rodríguez-Revelo, N. 2014. Diagnóstico de las dunas costeras de México. CONAFOR. 350 pp.

Contenido

DIRECTORIO

PRESENTACIÓN

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

- Presentación
- Justificación
- Antecedentes históricos de las investigaciones sobre dunas costeras en México.

INTRODUCCIÓN GENERAL

Importancia de las costas y las dunas de México

Ma. Luisa Martínez, Patricia Moreno-Casasola, Ileana Espejel, Dulce Infante Mata, Natalia Rodríguez-Revelo, Óscar Jiménez-Orocio

- Definición
- Características generales e importancia de las dunas costeras
- La arena (Origen, dinámica y diversidad)
- Diseño y cómo se aborda e integra la información de este diagnóstico.
- Regiones de estudio

TIPOS DE DUNAS

Óscar Jiménez-Orocio, Patrick Hesp, Ma. Luisa Martínez, Ileana Espejel, Patricia Moreno-Casasola

- Cómo se forman (elementos que intervienen y dinámica del movimiento)
- Erosión de playas y su relación con las dunas
- Tipos de dunas
- Topografía y microhábitats
- Tipos de dunas en México
- Las dunas costeras en los estados

CLIMAS

Ma. Luisa Martínez, Óscar Jiménez-Orocio, Ileana Espejel

- Clima en las costas de México y su relación con los diferentes tipos de vegetación
- Nortes, tormentas tropicales y huracanes

FLORA Y VEGETACIÓN

Patricia Moreno-Casasola, Ileana Espejel, Óscar Jiménez-Orocio, Dulce Infante Mata, Natalia Rodríguez-Revelo, Francisco Casillas-Figueroa, Gonzalo Castillo-Campos, Merari Ferrer Cervantes, José Luis León de la Luz, Hugo López Rosas, Jesús Sánchez Escalante, Jesús Pale, Miguel Domínguez, Rafael Durán

- La vegetación de las dunas costeras de México
- Formas de crecimiento de la flora de las dunas
- Zonación y microhábitats.

ESPECIES CLAVE Y ENDEMISMO

Patricia Moreno-Casasola, Ileana Espejel, Óscar Jiménez-Orocio, Dulce Infante Mata, Natalia Rodríguez-Revelo, Francisco Casillas-Figueroa, Gonzalo Castillo-Campos, Merari Ferrer Cervantes, José Luis León de la Luz, Hugo López Rosas, Jesús Sánchez Escalante, Jesús Pale, Miguel Domínguez, Rafael Durán

- Especies clave
- Distribución de las principales especies de dunas costeras.
- Especies endémicas en las dunas.
- Especies en la NOM
- Especies exóticas

FAUNA DE LAS PLAYAS Y DUNAS COSTERAS

Natalia Rodríguez-Revelo, Patricia Moreno-Casasola, Ileana Espejel,

Ma. Luisa Martínez

- Invertebrados
- Vertebrados
- Adaptaciones de los animales para vivir en las dunas

USOS DE LAS DUNAS Y SITUACIÓN ACTUAL

Óscar Jiménez-Orocio, Ileana Espejel, Ma. Luisa Martínez, Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante-Mata, Natalia Rodríguez-Revelo

- Uso de las dunas costeras
- Utilización de las dunas costeras
- Investigación y servicios ambientales
- Situación actual en México
- Usos prevaletentes de las dunas costeras mexicanas

NECESIDADES DE CONSERVACIÓN

Óscar Jiménez-Orocio, Ileana Espejel, Patricia Moreno-Casasola, Natalia Rodríguez-Revelo

- Definición de conservación
- Conservación de playas y dunas costeras en México
- Necesidades de conservación
- Estrategias de manejo de dunas para lograr su conservación

RESTAURACIÓN

Debora Lithgow, Ma. Luisa Martínez, Patricia Moreno-Casasola, Ileana Espejel, Dulce Infante Mata y Oscar Jiménez-Orocio

- Definición de restauración
- Restauración de dunas costeras
- ¿Cuándo y dónde es necesario realizar actividades de restauración en sistemas dunares?
- Costos de la restauración
- Prácticas de manejo

REFORESTACIÓN

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

- La reforestación y cuándo se debe emplear
- Los bosques de las dunas costeras
- ¿Por qué se necesitan 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?

DIAGNÓSTICO POR ESTADO

• Presentación de los estados.

Patricia Moreno-Casasola, Ileana Espejel, Ma. Luisa Martínez

• Baja California

Natalia Rodríguez-Revelo, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Ma. Luisa Martínez, Dulce Infante Mata, Roberto Monroy

• Baja California Sur

Natalia Rodríguez-Revelo, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Ma. Luisa Martínez, Dulce Infante Mata, Roberto Monroy

• Campeche

Hugo López Rosas, Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Ma. Luisa Martínez, Natalia Rodríguez-Revelo, Verónica E. Espejel González y Roberto Monroy

• Chiapas

Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Hugo López Rosas, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Ma. Luisa Martínez, Natalia Rodríguez-Revelo, Verónica E. Espejel González, Roberto Monroy

• Colima

Oscar Jiménez-Orocio, Ileana Espejel, Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Ma. Luisa Martínez, Natalia Rodríguez-Revelo, Roberto Monroy

• Guerrero

Patricia Moreno-Casasola, Hugo López Rosas, Dulce Infante Mata, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Ma. Luisa Martínez, Natalia Rodríguez-Revelo, Verónica E. Espejel González, Roberto Monroy

• Jalisco

Oscar Jiménez-Orocio, Ileana Espejel, Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Ma. Luisa Martínez, Natalia Rodríguez-Revelo, Roberto Monroy

• Michoacán

Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Natalia Rodríguez-Revelo, Ma. Luisa Martínez, Roberto Monroy

• Nayarit

Oscar Jiménez-Orocio, Ileana Espejel, Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Natalia Rodríguez-Revelo, Ma. Luisa Martínez, Roberto Monroy

• Oaxaca

Patricia Moreno-Casasola, Hugo López Rosas, Dulce Infante Mata, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Natalia Rodríguez-Revelo, Verónica E. Espejel González, Ma. Luisa Martínez, Roberto Monroy

• Quintana Roo

Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Ma. Luisa Martínez, Natalia Rodríguez-Revelo, Roberto Monroy

• Sinaloa

Oscar Jiménez-Orocio, Ileana Espejel, Dulce Infante Mata, Natalia Rodríguez-Revelo, Ma. Luisa Martínez, Roberto Monroy

• Sonora

Oscar Jiménez-Orocio, Natalia Rodríguez-Revelo, Ileana Espejel, Ma. Luisa Martínez, Dulce Infante Mata, Roberto Monroy

• Tabasco

Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Ma. Luisa Martínez, Natalia Rodríguez-Revelo, Roberto Monroy

• Tamaulipas

Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Ma. Luisa Martínez, Natalia Rodríguez-Revelo, Roberto Monroy

• Veracruz de Ignacio de la Llave

Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Ma. Luisa Martínez, Natalia Rodríguez-Revelo, Roberto Monroy

• Yucatán

Patricia Moreno-Casasola, Dulce Infante Mata, Ileana Espejel, Oscar Jiménez-Orocio, Ma. Luisa Martínez, Natalia Rodríguez-Revelo, Roberto Monroy

APÉNDICE

Cuadros sinópticos

Flora y vegetación



La vegetación de las dunas costeras de México
Formas de crecimiento de la flora de las dunas
Zonación y microhábitats



Foto: Gerardo Sánchez Vigil

Patricia Moreno-Casasola
Ileana Espejel
Óscar Jiménez-Orocio
Dulce Infante Mata
Natalia Rodríguez-Revelo
Francisco Casillas-Figueroa
Gonzalo Castillo-Campos
Merari Ferrer Cervantes
José Luis León de la Luz
Hugo López Rosas
Jesús Sánchez Escalante
Jesús Pale
Miguel Domínguez
Rafael Durán

La vegetación de las dunas costeras de México

La flora y vegetación de las dunas costeras de México no es homogénea. Hay diferencias a lo largo de su distribución geográfica (latitud y longitud) y de las regiones climáticas donde se encuentran. También hay grandes variaciones dentro de los mismos sistemas de dunas. Por ejemplo, en la playa crecen ciertos tipos de plantas que son diferentes de las que hay en las dunas más interiores o tierra adentro. Por ello, estando parado en una duna, se puede reconocer en que región del país se encuentra uno y ello también define las plantas que se pueden usar en jardinería y para reforestar o restaurar.

La distribución de muchas de las especies características de dunas costeras está determinada, entre otros factores, por la tolerancia a factores físicos climáticos como es la precipitación, la temperatura y el tipo de arena. Es decir, en las zonas áridas de las costas del noroeste (la Península de Baja California y Sonora), noreste (norte de Tamaulipas) y norte de Yucatán crecen cactáceas y agaves; mientras que en el resto de las costas mexicanas abundan los árboles y las palmeras tropicales.

En México se han hecho estudios sobre la distribución de las plantas de dunas costeras y las comunidades vegetales que forman. Los estudios de Johnson (1977 y 1982) describen los cambios latitudinales observados en las costas del noroeste del México y Moreno-Casasola y Espejel (1986) y Moreno-Casasola (1991) describen las diferentes comunidades de dunas costeras en el Golfo de México y Caribe.

Las comunidades vegetales de las dunas costeras están definidas también por las formas de crecimiento de las plantas. Dentro de un mismo ecosistema de dunas, las plantas dependen de los factores microambientales que caracterizan a los diferentes microhabitats como son las playas, las laderas con dos orientaciones (barlovento y sotavento), las crestas, las hondonadas que pueden o no inundarse. Estos microambientes están muy bien diferenciados entre sí y las especies características de estos ambientes presentan respuestas particulares que les permiten sobrevivir exitosamente. Los factores que tienen un mayor impacto sobre las plantas de dunas son la salinidad, la tolerancia a la inundación, a la sequía, al enterramiento y/o desenterramiento y su asociación con micorrizas. Los factores arriba mencionados son sumamente importantes en proyectos de restauración/reforestación porque la tolerancia de las especies a esas microvariaciones ambientales pueden ser determinantes del éxito o fracaso de un proyecto que intente reproducir el ecosistema original. En estos proyectos también deben tomarse en cuenta la composición florística y las formas de crecimiento de las plantas que se van a usar.

Por un lado, el tipo de vegetación de dunas costeras tiene grupos de plantas que caracterizan a las dunas de una región costera y por otro, dentro de cada tipo de vegetación de dunas a nivel regional, se conforman distintas asociaciones vegetales relacionadas con los microambientes. Por esta razón no se puede hablar de un tipo generalizado



figura 1. El mapa ilustra las formas de crecimiento predominantes en las playas y dunas de cada región del país. (Dibujos de Laura G. Rodríguez Lizárraga.)

de vegetación de dunas, sino más bien de comunidades vegetales de pioneras (cercasas al mar) donde la cobertura vegetal es muy abierta, donde dominan rastreras, pastos o arbustos bajos. Después de la zona de pioneras se desarrollan otras comunidades como los pastizales, matorrales desérticos con cactáceas o matorrales con palmares, y más lejos del mar se encuentran selvas y encinares. En las hondonadas o depresiones, es decir zonas bajas donde se acumula humedad o aflora el manto freático, se desarrollan comunidades de humedales.

Como ya se vio en el capítulo 3, las dunas costeras del país cubren alrededor de 808,711 ha, pero esta superficie no está totalmente cubierta de vegetación. Hay grandes extensiones de dunas móviles donde no es posible que crezcan plantas. El primer listado de plantas de las dunas de México se hizo con base en las publicaciones disponibles (Moreno-Casasola et al., 1998) y resultó en 1,638 especies. Este primer estudio dio lugar a la definición de las regiones costeras que se retoma en este diagnóstico. Recientemente, a partir de un proyecto de CONABIO donde se revisaron los principales herbarios nacionales, la riqueza de especies de plantas de las dunas costeras se ha elevado considerablemente ya que se tienen registradas 2,219 especies de 165 familias, es decir el 10% de la flora de plantas vasculares del país (Espejel et al., 2013). En ambos trabajos se indica que las familias botánicas con los porcentajes más altos de la flora de dunas costeras a nivel nacional son las Asteráceas o Compuestas (familia de las margaritas), Fabáceas (familia de las legumbres) y las Poáceas o Gramíneas (familia de los pastos). Junto con las Euphorbiáceas y Cactáceas (familia de los cactus), son las familias que poseen un mayor número de especies en las cinco regiones.

Formas de crecimiento de la flora de las dunas

La gran variedad de plantas que existen en el mundo se pueden agrupar en unas pocas formas de crecimiento. Como ejemplo de las formas de crecimiento están las hierbas, los árboles, las lianas y las epífitas que viven sobre otras plantas. Éstas re-

presentan estrategias de formas de crecer que les permiten adaptarse al ambiente en que viven.

En las dunas costeras estabilizadas de México se puede generalizar que las del Golfo de México se caracterizan por la presencia de selvas con árboles ya sea altos, medianos o bajos donde domina esta forma de crecimiento (de ahí que se les conozca como selvas altas, medianas o bajas), aunque en la zona más seca del norte de Tamaulipas dominan los matorrales; las del Caribe se diferencian del resto por sus selvas bajas con abundantes palmares caribeños; las del Pacífico sur por sus selvas medianas y bajas de árboles y lianas, y las del Golfo de California y el Pacífico norte por sus matorrales desérticos de cactáceas y arbustos espinosos. Por tanto en las zonas secas del norte del país dominan los matorrales con mayor o menor número de cactáceas, hacia la zona lluviosa las selvas con gran diversidad de árboles y con lianas y bejuco y las especies de palmas incrementan su número hacia la zona del sureste.

Es interesante notar que la primera franja de playa, la zona de dunas embrionarias y el primer cordón de dunas, en general son parecidas en todo el país ya que comparten las llamadas especies pantropicales que se distribuyen ampliamente. Las hay con forma de arbustos bajos, de rastreras de tallos largos o pastos amacollados o bien estoloníferos. Comparten numerosas especies, pero también hay algunas que les son particulares. En este sentido, las dunas del norte del país tienen mayor abundancia de gramíneas y hacia el sur predominan los arbustos bajos y rastreras, mientras que en el Caribe los arbustos ganan altura (Moreno-Casasola, 1991). Se puede resumir diciendo que esta comunidad denominada de pioneras está constituida por hierbas rastreras, algunos pastos y matorrales bajos a medianos y que hay una tendencia geográfica en su distribución. Entre la arena se pueden ver aglomeraciones de plantas en montículos y otras veces cubren grandes extensiones de playa. Se suele pensar que dicha franja de vegetación es la que corresponde a la duna costera, pero como ya se ha visto, las dunas se extienden tierra adentro y se combinan con otras vegetaciones. En la figura 1 aparecen fotografías que muestran las distintas formas de crecimiento de las plantas de dunas.

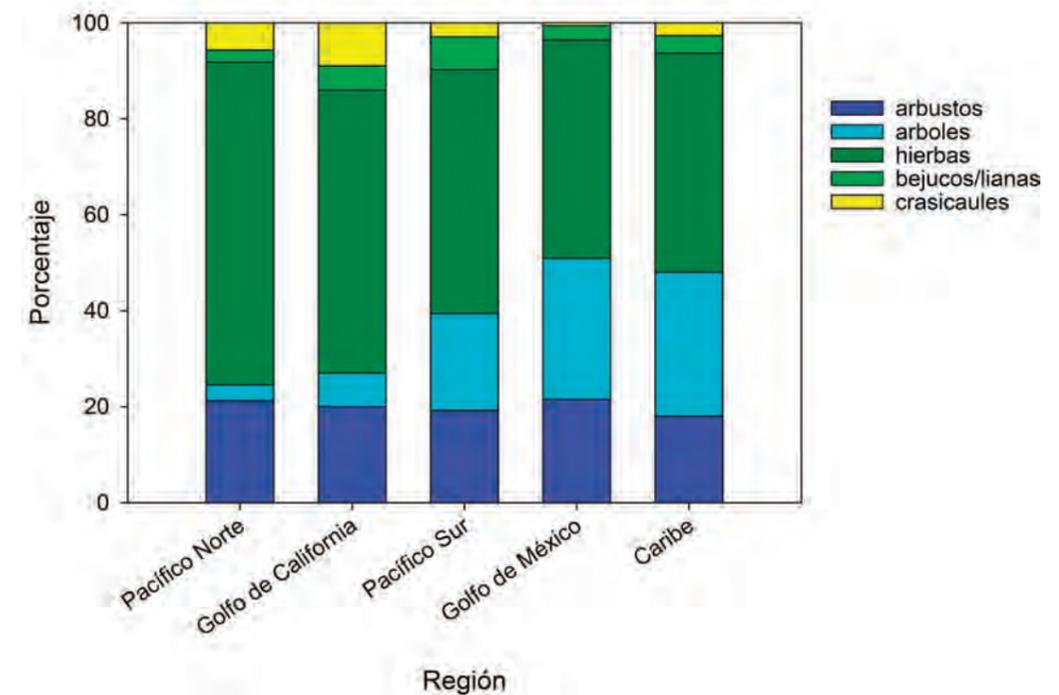


▲ **figura 2.** Los pastizales sobre dunas costeras son frecuentes en las dunas del Golfo de México. Esta fotografía corresponde a las dunas de La Mancha, Veracruz. (Foto: M.L. Martínez).

En el norte del país, principalmente en el Pacífico Norte, la familia con mayor número de especies es Asteraceae, que se caracterizan por la dominancia de plantas herbáceas, las cuales representan más del 67% de la flora total de dunas de México. En esta región el porcentaje de árboles es muy bajo y al conjuntar árboles y arbustos, el elemento leñoso de la flora de dunas solo alcanza el 25% debido principalmente a la presencia de arbustos. Por la aridez de esta región además hay Agaváceas y Cactáceas.

En cambio, en el Golfo de México, Caribe y Pacífico sur, los arbustos y árboles son mucho más abundantes (entre el 40 y 50% de las formas de crecimiento de

cada sitio) y pertenecen a una gran variedad de familias, siendo las más frecuentes las leguminosas, las rubiáceas y las euforbiáceas. En estas regiones pueden desarrollarse algunas cactáceas mezcladas entre las selvas, pero en mucho menor número (por ejemplo, el norte de Yucatán que tiene un clima semiárido es común encontrar cactus sobre la arena, sobre árboles y aún sobre las palmas nativas, lo que le añade una característica singular a la vegetación de dunas costeras de la región). En el Golfo de México y Caribe, pero sobre todo en el Golfo de México, hay pastizales sobre dunas estabilizadas (figura 2), además de matorrales y selvas con abundantes leguminosas.



▲ **figura 3.** Porcentajes de las especies de plantas con las distintas formas de crecimiento en cada una de las regiones. Puede observarse el cambio cuantitativo de las hierbas y árboles en las distintas regiones.

Las dunas de México se distinguen también por otras formas especiales de crecimiento, como son las plantas crasicaules, que son aquellas que tienen un tallo suculto, es decir engrosado, por la cantidad de agua que acumulan. Esta forma de crecimiento es característica de las zonas áridas y es una estrategia contra la sequía. Las agaváceas y cactáceas son las familias típicas con esta forma de crecimiento (figura 3).

También hay otras formas interesantes de crecimiento que son los bejuocos, las epífitas y las lianas. En las selvas bajas y medianas del Pacífico sur, Golfo de México y Caribe, abundan plantas con este tipo de crecimiento (figura 4). En estas regiones se pueden combinar dos formas de crecimiento, que no llegan nunca a ser dominantes, por ejemplo hay lianas crasicaules como el cactus trepador *Selenicereus donkelaarii* en Yucatán. Hay otras formas arrosetadas como las orquídeas, que son muy llamativas y pueden estar sobre la arena como *Cyrtopodium punctatum* o como epífitas sobre los árboles y palmeras como es el caso de la orquídea *Catasetum integerrimum* y la bromelia *Tillandsia concolor*. Es interesante notar que en zonas áridas donde hay humedad en el aire, como el noreste de Yucatán y centro-sur de la península de Baja California, crecen líquenes sobre algunas de las plantas dándoles un aspecto muy característico.

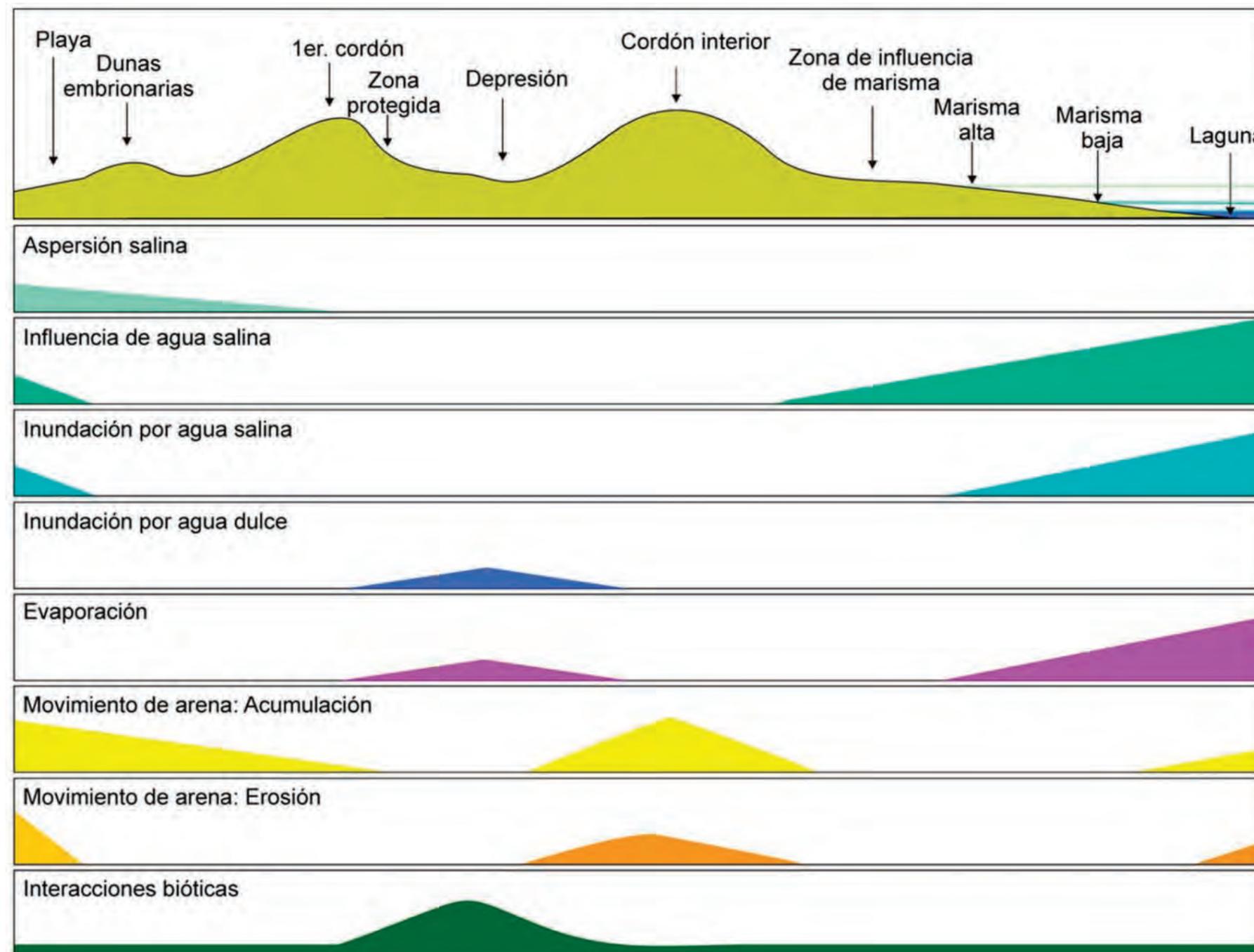


▲ figura 4.
Lianas presentes en las selvas sobre dunas costeras.
(Foto: Gerardo Sánchez Vigil)

► Zonación y microhábitats

El movimiento de arena es el principal mecanismo por medio del cual se forman las dunas. Este movimiento puede alcanzar valores considerables (más de un metro en un año), provocando el enterramiento (o desenterramiento) de plantas. Hay que diferenciar entre las especies que toleran diversos grados de enterramiento de aquellas que crecen más cuando hay acumulación de arena (Ehrenfeld, 1990; Martínez y Moreno-Casasola, 1996; Maun, 1998). Estas últimas son las especies pioneras o colonizadoras de ambientes móviles. No son muchas las especies en el mundo adaptadas al enterramiento.

La arena tiene pocos nutrientes y no es capaz de retener el agua por lo que se puede decir que el suelo es pobre y seco. Además, la cercanía con el mar hace que al romper las olas, partículas minúsculas de agua salina queden en el aire y el viento las transporta creando ambientes salinos, sobre todo en las dunas de cara al mar. Estas condiciones producen estrés en las plantas. Por tanto, la salinidad tanto aérea como la derivada de la inundación por el oleaje en la playa, la profundidad del manto freático de agua dulce y su accesibilidad a las raíces de las plantas, la fuerza e impacto del viento, el movimiento de arena que produce enterramiento o erosión, la temperatura que alcanza la arena a mediodía y el grado de protección que la topografía brinda, producen numerosos microambientes (figura 5). Mientras mayores condiciones estresantes hay en un ambiente, menor es el número de especies que se pueden establecer. Es decir que estas condicio-



▲ figura 5.
Condiciones estresantes que predominan en cada uno de los microambientes. El grosor de la línea de cada uno de los factores o condiciones indica el grado de estrés que puede producir en ese microambiente. Mientras más gruesa es la línea, mayor es el estrés. En esta imagen aparece el gradiente que se forma en una isla de barrera.

nes limitan el tipo de especies que pueden colonizar y reproducirse exitosamente. Las plantas modifican el ambiente poco a poco, añadiendo materia orgánica, enriqueciendo el suelo con nutrientes, reduciendo la movilidad de la arena e incrementando su capacidad para mantenerse húmedos. De esta manera, a través del tiempo, el sistema se va estabilizando, los microambientes se van transformando y las condiciones ambientales se van volviendo menos estresantes. A este proceso se le conoce como sucesión y es posible "verlo" al caminar de la playa hacia tierra adentro.

Desde el mar hacia el interior del continente, estos factores son cada vez menos estresantes y conforme se van estabilizando las dunas, la intensidad de los factores físicos decrece y se incrementan las interacciones biológicas. Ello permite que la cobertura vegetal adquiera más continuidad, aumenta la diversidad de formas de crecimiento y de especies, se forman redes de interacciones bióticas más complejas, apareciendo comunidades muy semejantes a las de tierra adentro como matorrales, selvas y encinares. Las plantas que favorecen que crezcan otras pueden ser rompevientos, porque les ofrecen protección y también pueden ser nodrizas o nucleadoras, porque preparan un microambiente que favorece la germinación de otras especies.

Sin embargo, hay que recordar que a la orilla del mar, en la playa, en la duna frontal y en las primeras pendientes de cara al mar, las condiciones estresantes siempre prevalecen y las plantas no logran modificar el ambiente lo suficiente para que pueda darse una sucesión. La mayoría de las plantas que ahí crecen son exclusivas y representan miles de años de adaptación a estos ambientes que son tan limitantes para la mayoría de los seres vivos. Para fines de restauración/reforestación es importante saber que éstas son especies muy importantes para estudiar y reproducir en los viveros y en el campo.

Para entender mejor este mosaico y gradiente de microambientes, se puede decir que en las dunas se encuentran tres grandes ambientes (Castillo y Moreno-Casasola, 1998) que se distribuyen sobre un perfil topográfico de la playa hacia tierra adentro (figura 6).

a. *Ambientes propiamente de dunas* en los cuales predomina el movimiento de arena, lo cual conlleva a que haya acumulación de arena y enterramiento de plantas o bien erosión y desenterramiento. En estos ambientes se acumula poca materia orgánica en los suelos y ello resulta en una baja capacidad de retención de agua en la arena. En la playa, en las dunas embrionarias y en la duna frontal frecuentemente



▲ a)



▲ b)

figura 7. Especies pioneras y colonizadoras de dunas móviles en distintas partes del país: a) *Hazardia berberidis*; b) *Ipomoea stolonifera*; c) *Palafoxia lindenii* y d) *Ipomoea pes-caprae* (continúa en página 55).
a y b, fotos: Gerardo Sánchez Vigil; c y d fotos: M.L. Martínez

hay aspersión salina por su cercanía al mar y hay movimiento de arena. Además la cobertura vegetal es abierta pues las plantas se distribuyen formando manchones aislados y por tanto la superficie de la arena alcanza temperaturas muy altas. Estas especies se consideran pioneras. Hay fuertes oscilaciones en la temperatura entre el día y la noche y la superficie de la arena presenta fuertes cambios de más de 30°C. En las dunas de Veracruz, a medio día, se han registrado temperaturas de más de 60°C en superficies de arena desnuda. Las playas, dunas embrionarias, duna frontal y dunas activas (desprovistas de vegetación y con arena en movimiento) pertenecen a este tipo de ambientes y en ellos se establecen especies toleran-

tes a condiciones de estrés producidas por los factores mencionados (figura 5). Generalmente no cubren totalmente la arena y se percibe como una comunidad abierta.

La playa es el ambiente más estresante. Su cercanía con el mar hace que el oleaje llegue a barrer la zona de playa cada año durante el invierno así como con las mareas de tormenta. Algunas plantas toleran la salinidad y logran mantenerse enraizadas, otras no y tienen que volver a colonizar esa misma playa u otra. Las especies que habitan la playa presentan diversas estrategias. Algunas son especies anuales que germinan, cre-



▲ figura 6.

Perfil general de una zona de dunas mostrando los distintos ambientes que se establecen en función de la topografía y el grado de estabilización. Cerca de la playa predominan las herbáceas rastreras y algunos arbustos de baja altura. Tierra adentro la vegetación es más compleja, con palmas y árboles. Caribe.
Dibujo Laura G. Rodríguez Lizárraga.



▲ c)

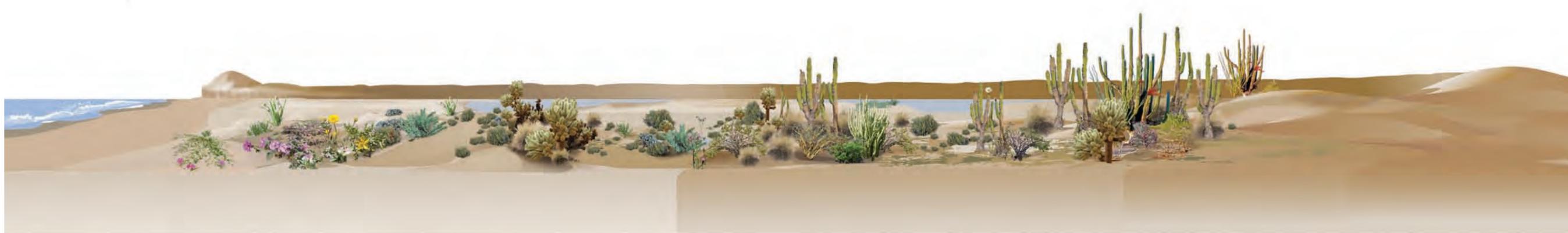


▲ d)

Las plantas son capaces de crecer sobre arena desnuda y formar dunas compar-
ten un conjunto de características: tienen sistemas de raíces bien desarrollados, son ca-
paces de atrapar y detener la arena y además su crecimiento es estimulado cuando son
cubiertas con arena. Este conjunto de plantas se denominan pioneras o constructoras de
dunas por ser las primeras en colonizar los médanos. Pueden habitar la arena desnuda
de la playa y empezar a formar las dunas embrionarias o el cordón frontal, o bien colo-
nizar la arena de los médanos móviles en los sistemas de dunas parabólicas o sistemas
transgresivos. Las especies fijadoras de dunas móviles o especies pioneras, también son
características de cada región y algunas de ellas son endémicas. Algunas de estas es-
pecies son las mismas que forman las dunas embrionarias, pero en otros casos son
especies que forman poblaciones más grandes y vigorosas en las dunas activas atrás
de las embrionarias. Este conjunto de especies tiene un gran valor, especialmente en
proyectos de restauración ya que son las especies que inician el proceso de estabilización
de las dunas debido a su capacidad para tolerar el enterramiento por arena. En cambio
son especies de menor importancia durante la reforestación ya que muchas de ellas han
desaparecido para dar lugar a especies de ambientes estabilizados, que es donde se pue-
de llevar a cabo la reforestación (ver capítulos de Reforestación y de Restauración). En el
cuadro 1 se enlistan las principales especies pioneras para cada región del país.

cen, fructifican y liberan sus semillas durante unos cuantos meses (diversas especies de *Cakile*). Otras son arbustos bajos y carnosos que también pueden dispersarse mediante pedazos de tallos (*Sesuvium portulacastrum*). También hay especies con largos tallos rastreros (*Ipomoea pes-caprae* y *Canavalia rosea*), arbustos (*Croton punctatus*, *Tournefortia gnaphalodes*, *Suriana maritima* y *Coccoloba uvifera*) y pastos rastreros o amacollados (*Sporobolus virginicus*, *Uniola paniculata*, *Uniola pittieri* y *Jouvea pilosa*). Muchas de estas especies (como *Canavalia rosea* e *Ipomoea pes-caprae* y *Cocos nucifera*) poseen semillas que flotan y que por lo tanto son dispersadas a grandes distancias por medio de las corrientes oceánicas (figura 7).

Varias especies inician la formación de dunas embrionarias ya que toleran el enterramiento por arena. Entre sus ramas acumulan arena y comienzan a estabilizarla formando grandes montículos en algunos casos y pequeños en otros. Ello depende de la forma de crecimiento de la especie y de su tolerancia al enterramiento (Johnson, 1979, Martínez y Moreno Casasola, 1996; Maun, 1998). Algunas de estas especies se encuentran creciendo en la playa y también en las dunas activas, ya que son los ambientes con un fuerte movimiento de arena y la tolerancia a éste es necesaria para que las plantas puedan crecer en estos sitios (figura 8).



▲ figura 8.

Perfil de dunas embrionarias y dunas en proceso de estabilización en el Golfo de California.
Se observa la presencia de cactáceas en la zona más distante del mar.

Dibujo Laura G. Rodríguez Lizárraga.

▼ cuadro 1.

Principales especies pioneras que colonizan la playa, las dunas embrionarias y el primer cordón frontal en cada región del país.

- **en el Pacífico Norte:** *Abronia maritima*, *Atriplex barclayana*, *Oenothera drummondii*
- **en el Golfo de California:** *Atriplex barclayana*, *Sesuvium verrucosum*
- **en el Pacífico Sur:** *Uniola pittieri*, *Jouvea pilosa*, *Scaevola plumieri*, *Sesuvium portulacastrum*, *Fimbristylis caroliniana*, *Ipomoea pes-caprae*
- **en el Golfo de México:** *Uniola paniculata*, *Coccoloba uvifera*, *Sesuvium portulacastrum*, *Chamaecrista chamaecristoides*, *Palafoxia lindenii*, *Croton punctatus*, *Schizachyrium littorale*, *Sporobolus virginicus*
- **en el Caribe:** *Sesuvium portulacastrum*, *Tournefortia gnaphalodes*, *Coccoloba uvifera*, *Suriana maritima*, *Euphorbia buxifolia*

La vegetación de estos ambientes es la que se reconoce como más típica de dunas y que comparten formas de vida relativamente iguales, se encuentra en la zona de dunas embrionarias y dunas frontales. En general, en estas zonas crecen hierbas rastreras y pastos entre una gran superficie de arena descubierta, carente de plantas. Lo que se observa son plantas emergiendo de entre la arena. Cuando las plantas florecen (en la primavera o el verano) se da una combinación muy colorida, predominan los morados y

amarillos que en contraste con las hojas y la arena, hacen paisajes muy hermosos, sobre todo en Baja California. En las zonas del trópico húmedo predominan las tonalidades de verdes con flores coloridas pero más aisladas. En algunos sitios como en Yucatán, se forma una barrera natural de arbustos que funcionan como una cortina rompevientos. Algunos de estos arbustos tienen olores dulces y follajes muy densos (por ejemplo *Tournefortia gnaphalodes*). En cambio, en los desiertos en las dunas frontales crecen hierbas anuales y arbustos espinosos y cactáceas. En las dunas del Pacífico sur después de la franja de hierbas pioneras, se han sembrado cocotales pero quedan manchones de selvas bajas con arbolitos con abundantes lianas, aunque también se establece en algunas playas una cortina rompevientos con *Conocarpus erectus* y *C. erectus* var. *sericeus*. En cambio en Tamaulipas pastos altos como *Uniola paniculata* estabilizan la arena, forman dunas y también funcionan como una cortina rompevientos. Entre los macollos se establecen otras especies como *Oenothera drummondii*. En Veracruz y Tabasco, además de algunos pastos, aunque menos abundantes, las rastreras de enormes ramas, a veces de más de 30 m se extienden cubriendo la arena y su efecto se ha comparado con el de una sábana que inmoviliza la arena. Entre ellas están *Ipomoea pes-caprae*, *I. imperatii* y *Cana- valia rosea*. Sus flores son coloridas, rosas, lilas y blancas, y resaltan entre el follaje verde de grandes hojas. En el Caribe, los arbustos predominan, entre ellos *T. gnaphalodes*, pero también *Coccoloba uvifera*, *Scaevola plumieri* y *Suriana maritima*. (Figuras 9, 10).

b. *El ambiente húmedo e inundable* se encuentra en las depresiones o áreas más bajas donde el viento ha erosionado tanto la arena que llega a aflorar el manto freático. Estos ambientes húmedos o inundables se pueden presentar en la playa, entre cordones paralelos de dunas o en las partes más bajas entre los dos brazos de las

dunas parabólicas. El grado de humedad de estos ambientes está dado por el tiempo que permanecen inundados o con arena húmeda. Los suelos contienen mayor cantidad de materia orgánica, el movimiento de arena es inapreciable y si llega a darse inundación frecuente, se forma un humedal y en ocasiones se establece una selva inundable donde predomina por ejemplo el anono (*Annona glabra*). En años lluviosos el manto freático se eleva lo suficiente para producir inundaciones que duran desde varias semanas, hasta cuatro o cinco meses. Pueden llegar a formarse lagos permanentes como en los sistemas de dunas próximos y aún dentro del Puerto de Veracruz (donde predominan especies de humedales como *Pontederia sagittata* y *Thalia geniculata*) o simplemente ambientes con mayor humedad que favorecen el establecimiento de los primeros matorrales o mezclas con especies de marismas y manglares. Cuando colindan con estos ecosistemas estuarinos también se forman ambientes húmedos pero salinos y coinciden con las especies de hondonadas húmedas de mayor salinidad. Algunas de estas marismas pueden alcanzar valores muy altos de salinidad, dos o tres veces mayores que la del agua de mar. En la figura 11 se ilustra un perfil en el que se muestran la topografía y la vegetación que se establece en las hondonadas de las diferentes regiones del país. Las especies de plantas de hondonadas húmedas son diferentes para cada región de México (cuadro 2).



▲ figura 9.

Perfil de dunas embrionarias y dunas en proceso de estabilización en el Golfo de México. Se observa la presencia de una selva tropical en la zona más distante del mar.

Dibujo Laura G. Rodríguez Lizárraga.

▼ **cuadro 2.**
Especies de zonas húmedas e inundables que se encuentran en diferentes dunas de México

- **en el Pacífico Norte:** *Lippia nodiflora*, *Cyperus articulatus*, *Cyperus ligularis*, *Typha domingensis*.
- **en el Golfo de California:** *Allenrolphea occidentalis*, *Suaeda nigra*, *Sesuvium verrucosum*, *Lycium brevipes*, *Atriplex linearis*, *Psoralea emoryi*, *Frankenia palmeri*, *Distichlis spicata* y *Sporobolus airoides*.
- **en el Pacífico Sur:** *Dichelostemma capitatum*, *Salicornia subterminalis*, *Salicornia virginica*, *Monanthochloe littoralis*, *Hippomane mancinella*.
- **en el Golfo de México:** *Suaeda linearis*, *Salicornia* spp., *Monanthochloe littoralis*, *Sesuvium portulacastrum*, *Batis maritima* (en contacto con lagunas costeras y marismas) y *Typha domingensis*, *Pontederia sagittata*, *Thalia geniculata*, *Cyperus articulatus*, *C. digitatus*, *Sagittaria lancifolia*, *Pistia stratiotes*, *Eleocharis mutata* (en depresiones de agua dulce), entre otras.
- **en el Caribe:** *Batis maritima*, *Salicornia bigelovi*, *Monanthochloe littoralis* y *Fimbristylis spadiceae* (en contacto con lagunas costeras y marismas), *Bravaisia berlanderiana*, *Anthurium tetragonum* var. *yucatanense*

En las hondonadas se establece desde vegetación herbácea, a veces con coberturas abiertas y otras muy cerradas, y a veces hasta arbóreas, formando selvas inundables. Estas comunidades se establecen en ambientes de agua dulce, salobre y en algunos casos hasta hipersalinos (figura 12).

- c. *Los ambientes estabilizados* son aquellos en los que la cubierta vegetal ha estabilizado el sustrato, incorporando materia orgánica y convirtiendo la arena en un mejor suelo en el que se llegan a establecer comunidades vegetales más estructuradas tales como pastizales, matorrales y selvas. El movimiento de arena ha cesado. La topografía se hace menos pronunciada y el paisaje es una ondulación de pastizales y manchones arbolados, y palmas en el caso del Caribe (Torres-Avilez, 2007; Torres-Avilez et al., 2010). Estos constituyen los ambientes en los cuales una reforestación puede tener éxito. En la figura 13 aparecen las principales especies de los ambientes estabilizados que comprenden desde especies herbáceas hasta arbóreas (cuadro 3). En las zonas más áridas predominan los matorrales y en las zonas tropicales las selvas y en algunas zonas también pastizales.



▲ **figura 10.**
Perfil de dunas embrionarias y dunas en proceso de estabilización en el Pacífico sur.
Se observa la presencia de matorrales en la zona más distante del mar.
Dibujo Laura G. Rodríguez Lizárraga.



▲ **figura 11.**
Perfil de dunas embrionarias y dunas en proceso de estabilización en el Pacífico norte.
Se observa la presencia de matorrales en la zona más distante del mar.
Dibujo Laura G. Rodríguez Lizárraga.

▼ cuadro 3.

Especies características de ambientes estabilizados de las dunas costeras en las distintas regiones costeras de México.

- **en el Pacífico Norte:** *Ephedra californica*, *Croton californicus*, *Encelia californica*, *Hazardia squarrosa*, *Cryptantha maritima* var. *maritima*, *Acmispon strigosus*, *Cylindropuntia cholla*, *Aesculus parryi*, *Oenothera wigginsii*, *Comissonia californica*, *Sphaeralcea fulva*, *Senecio californicus*, *Lycium californicum*, *Atriplex julacea*, *Achyronychia cooperi*, *Astragalus magdaleneae*.
- **en el Golfo de California.** *Ambrosia dumosa*, *Ephedra trifurca*, *Larrea tridentata*, *Stephanomeria pauciflora*, *Atriplex canescens*, *Oenothera drummondii*, *Jatropha cuneata*, *Amaranthus palmeri*, *Atriplex barclayana sonoriensis*, *Atriplex leucophylla*, *Bajacalia crassifolia*, *Caesalpinia pannosa*, *Cylindropuntia alcahes*, *Cyrtocarpa edulis*, *Isocoma acradenia*, *Wislizenia refracta*.
- **en el Pacífico Sur:** *Caesalpinia bonduc*, *Prosopis juliflora*, *Pithecellobium dulce*, *Guaiacum coulteri*, *Opuntia excelsa*, *Bumelia celastrina*, *Thevetia peruviana*, *Diospyros aequoris*, *Bursera linanoe*, *Jacquinia macrocarpa*, *Chrysobalanus icaco*, *Crataeva tapia*.
- **en el Golfo de México:** *Chrysobalanus icaco*, *Coccoloba uvifera*, *C. barbadensis*, *Manilkara zapota*, *Quercus oleoides*, varias especies de *Ficus*, *Pouteria hypoplauca*, *Bursera simaruba*, *Nectandra salicifolia*, *Sabal mexicana*, *Randia aculeata*, *Diphysa americana*, *Karwinskia humboltiana*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Brosimum alicastrum*.
- **en el Caribe:** *Thrinax radiata*, *Coccothrinax readii*, *Caesalpinia vesicaria*, *Pithecellobium keyense*, *Bravaisia berlandieriana*, *Cascabela gaumeri*, *Cordia sebestena*, *Sideroxylon americanum*, *Bonellia macrocarpa*, *Erithalis fruticosa*, *Agave angustifolia*, *Leucaena leucocephala*, *Coccoloba uvifera*, *Metopium brownei*, *Bursera simaruba*, *Coccoloba barbadensis*, *Piscidia piscipula*, *Diospyros yucatanensis*.

▲ figura 12.

Perfil de las hondonadas húmedas e inundables en el Golfo de México.
Dibujo Laura G. Rodríguez Lizárraga.



▲ a)



▲ b)



▲ c)

En conclusión, la vegetación de las dunas costeras de México es muy diversa y variable. Es distinta en las diferentes regiones geográficas. Localmente, la heterogeneidad ambiental genera microambientes variados, aquellos con sustrato móvil, los húmedos e inundables y los estabilizados, y en ellos también hay tipos de vegetación también diversos. Los proyectos de restauración y de reforestación deben tomar en cuenta esta riqueza y variabilidad.

◀ **figura 13.** Imágenes de especies clave de los ambientes húmedos e inundables donde se establecen especies herbáceas y arbóreas, en ambientes de agua dulce en depresiones entre cordones de dunas. Algunas especies herbáceas emergentes son: **a)** *Sagittaria lancifolia* y **b)** *Pontederia sagittata*; y **c)** *Nymphaea ampla* es una herbácea enraizada en el fondo del cuerpo del agua. (Fotos: Gerardo Sánchez Vigil).



▲ a)



▲ b)



▲ c)



▲ d)

◀ ▲ **figura 14.** Especies clave en diferentes ambientes de dunas. Ejemplos de especies formadoras de dunas son **a)** *Abronia maritima* y **b)** *Sesuvium portulacastrum*. **c)** *Chamaecrista chamaecristoides* es colonizadora de dunas móviles que posteriormente se cubren por pastos (*Schyzachirium scoparium*) y se estabilizan. **d)** El nopal *Opuntia stricta* var. *dillenii*, atrae aves que se posan para comer sus frutos y dispersan semillas de distintas especies, empezando a formarse un núcleo de vegetación arbustiva en el pastizal. (Fotos: Gerardo Sánchez Vigil).

Referencias bibliográficas

- Castillo, S. y P. Moreno-Casasola. 1998. Análisis de la flora de dunas costeras del Golfo y Caribe de México. *Acta Botánica Mexicana* 45: 55-80.
- Ehrenfeld, J. G. 1990. Dynamics and processes of barrier-island vegetation. *Reviews in Aquatic Sciences* 2(3-4): 437-480.
- Espejel, E., Peña-Garcillán, P. y Jiménez-Orocio, O. 2013. Flora de playas y dunas de México. Informe Técnico Final Conabio HJ007.
- Johnson, A. F. 1977. A survey of the strand and dune vegetation along the Pacific and southern gulf coasts of Baja California, Mexico. *Journal of Biogeography*. 4(1): 83-99.
- Johnson, A. F. 1979. Some aspects of the autecology of *Abronia maritima* Nutt. ex Wats. Tesis Doctoral. Universidad de California, Davis.
- Johnson, A. F. 1982. Dune vegetation along the eastern shore of the Gulf of California. *Journal of Biogeography*. 9(4) 317-330.
- Maun, M. A. 1998. Adaptations of plants to burial in coastal sand dunes. *Canadian Journal of Botany* 76(5): 713-738.
- Martínez, M.L. y Moreno-Casasola, P. 1996. Effects of burial by sand on seedling growth and survival in six tropical sand dune species. *Journal of Coastal Research* 12 (2): 406-419.
- Moreno-Casasola, P. 1991. Sand Dune Studies on the Eastern Coast of Mexico. *Proceedings Canadian Symposium on Coastal Dunes 1990*. Guelph, Ontario, Canada: 215-230.
- Moreno-Casasola, P., y Espejel, I. 1986. Classification and ordination of coastal sand dune vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of Mexico. *Vegetatio* 66(3): 147-182.
- Moreno-Casasola, P., Espejel, I., Castillo, S., Castillo-Campos, G., Durán, R., Pérez-Navarro, J.J., León, J.L., Olmsted, I., Trejo-Torres, J. 1998. Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. En: Halffter, G. (Ed.). *Biodiversidad en Iberoamérica*. Vol. II. CYTED- Instituto de Ecología A.C. 177-258.
- Torres Avilez W. M. 2007. Caracterización del matorral de duna costera a lo largo del litoral Yucateco. Tesis de Biología. Instituto Tecnológico de Conkal.
- Torres Añez, W., Méndez, M., Dorantes, A. y Durán, R. 2010. Estructura, composición y diversidad del matorral de duna costera en el litoral Yucateco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (86): 37-51.

