

PLAYAS Y DUNAS

Patricia Moreno-Casasola

Introducción

Las **playas son uno de los ecosistemas más apreciados** por el hombre para vacacionar y, por tanto, con mayor potencial turístico y económico para la sociedad. Al mismo tiempo, hay un gran desconocimiento en los distintos sectores gubernamentales y civiles sobre el papel ecológico que tienen y las limitaciones y potenciales para su desarrollo.

Las playas y dunas constituyen los ambientes de sedimentación más importantes del mundo, es decir, los lugares donde hay mayor acumulación de sedimentos –granos de arena de distintos tamaños– los cuales han sido transportados por corrientes marinas y vientos. Ambos son considerados ecosistemas extremadamente dinámicos.

Las playas y dunas constituyen los ambientes más dinámicos sobre la tierra y las mayores acumulaciones de sedimentos. Ello les permite ser una frontera dúctil, suave y dinámica entre el mar, la tierra y la atmósfera.

Las playas y dunas son sumamente dinámicas y una de sus principales funciones es la acumulación de sedimentos. Este constante reacomodo de sedimentos les permite ser una frontera dúctil y suave entre el mar, la tierra y la atmósfera, los tres grandes sistemas en contacto en la costa.

La arena

La principal característica que viene a la mente cuando se habla de playas y dunas es la arena. Este sedimento, la arena y los guijarros de las playas y dunas, se forma durante la erosión de las rocas duras. Así como existe gran cantidad de tipos de rocas, también existe una enorme variedad de tipos de arena. Aún entre regiones cercanas, las playas pueden presentar diferencias importantes en las características de la arena; su naturaleza física y química depende en gran parte de la composición de las rocas que le dieron origen. Está formada predominantemente de granos aislados de minerales tales como el cuarzo, el carbonato de calcio y cantidades menores de

materiales calcáreos producidos por los organismos marinos como trozos de conchas. Comparado con la mayoría de los suelos tiene muy bajos niveles de compuestos de nitrógeno y de otros nutrientes.

El tamaño de los granos también puede variar mucho. Así, hay playas de arenas muy finas y blancas como las del Caribe, otras de arena algo más gruesa como las del Golfo y otras de cantos rodados, cuyo tamaño va desde unos cuantos centímetros hasta varias decenas.

El abasto de sedimentos

Este punto constituye uno de los aspectos más importantes en el manejo costero y en el mantenimiento de la dinámica de los procesos costeros. Se ha utilizado la similitud que existe entre la forma de manejo de una cuenta bancaria y la acumulación de sedimentos. El cuentahabiente trata cada mes de depositar algo del dinero que le sobra en una cuenta de banco, la cual se va incrementando con el tiempo. Mientras tenga dinero en esa cuenta puede tener algunos gastos extras. En el invierno se podrá ir de vacaciones sacando dinero de la cuenta y a principios de año lo volverá a reponer con los ahorros mensuales. Mientras siga reponiendo lo que extrae, podrá seguir saliendo de vacaciones, ya que mantiene un presupuesto balanceado; sus entradas y salidas de dinero son similares en el monto, aunque difieran en el tiempo. Lo mismo sucede en una playa. Constantemente hay entradas y salidas de sedimentos, es decir, de arena, la cual es erosionada y acumulada. Por lo general, la erosión se produce en las épocas de invierno, cuando hay fuertes tormentas con viento y el oleaje tiene mayor fuerza; la playa disminuye de tamaño por la pérdida de arena. En cambio, en el verano, la arena se acumula y la playa crece, extendiéndose a lo ancho. A lo largo del año se mantiene un presupuesto equilibrado de entradas y salidas de sedimentos

Una de las causas más frecuentes de modificación o alteración del abasto de sedimentos se da por las actividades del hombre. La construcción de presas que retienen sedimentos y la de obras marítimas que modifican el transporte litoral son ejemplo de estas actividades. Como consecuencia, se presenta una erosión cada vez mayor de las playas. Actualmente 70% de las playas del mundo presentan erosión.

y la playa se conserva. Pero puede suceder que predomine uno de ellos, por ejemplo, la salida de sedimentos. En este caso la erosión es el proceso dominante (Figura 1).

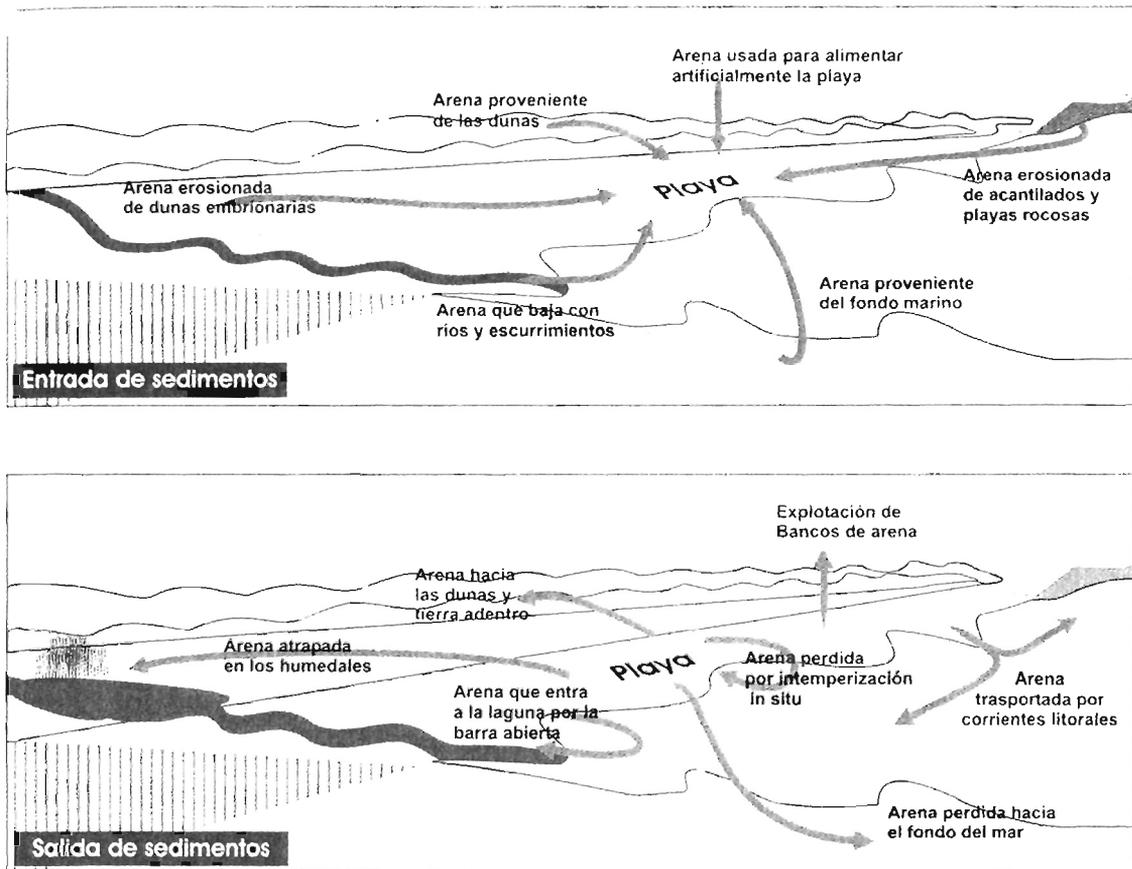


Figura 1 | Representación del presupuesto de sedimentos (basado en Bird, 1996).

Existe un alto porcentaje de costas (70%) que están sufriendo procesos de erosión. En muchos casos, las actividades del hombre han hecho que este fenómeno se incremente, por ejemplo, limitando el abasto de sedimentos que vienen de tierra adentro (mediante las presas) o bien por obras de protección costera que evitan el movimiento de sedimentos entre las diferentes celdas costeras (Bird, 1996).

Un incremento en el nivel del mar, como consecuencia del cambio climático que hoy se vive, modifica el balance entre el transporte hacia la tierra y hacia el mar, de modo que frecuentemente se extraen más sedimentos hacia mayores profundidades, de donde no pueden regresar. Por tanto, el incremento en el nivel del mar produce un "presupuesto" negativo y hace que aumente la erosión.

Las playas

Las playas se pueden definir como depósitos no consolidados de arena y grava a lo largo del litoral. Abarcan aproximadamente 40% de las costas del mundo, estando el resto ocupadas por manglares o marismas, acantilados, estuarios, lagunas. Una playa nunca está estática, es la estructura geomorfológica más dinámica y cambiante que existe sobre la tierra. En un momento dado, su perfil representa el equilibrio dinámico entre el transporte de sedimentos hacia el mar (erosión), hacia la tierra (sedimentación) y a lo largo de las costas (corrientes de deriva). La escala de estos movimientos varía de unas cuantas horas (durante tormentas) a semanas, meses o estaciones del año. La playa no tiene la misma forma y extensión durante todo el año. En la época de verano, se vuelve más ancha y con menor pendiente que durante el invierno, es decir, la erosión y acumulación se van alternando en el tiempo, pero generalmente su efecto es cíclico con predominancia de erosión durante tormentas y sedimentación o acumulación de arena en épocas de calma.

124

Las playas abarcan extensiones muy estrechas, y tienen un largo y un ancho. Existen playas muy largas que no tienen ninguna interrupción. Ejemplo de ello son algunas playas veracruzanas que miden varias decenas de kilómetros. Muchas playas mexicanas, por su extensión, compiten con la famosa playa australiana Ninety Mile Beach, que mide 90 millas de largo. Otras se interrumpen por salidas de ríos, la barra de una laguna o un promontorio rocoso, los cuales cortan su continuidad y hacen variar su forma.

Las playas son formaciones sumamente dinámicas, sujetas a fuerzas que promueven la erosión o acumulación. Representan un equilibrio dinámico entre la erosión (arena que finalmente se vuelve a llevar el mar), la acumulación o sedimentación (arena que el mar arroja y acumula en la playa).

Del mar hacia la tierra, o sea a lo ancho, es más difícil definir hasta dónde llega la playa, la cual se puede dividir en tres partes (Figura 2) en función de las condiciones ecológicas distintas que, a su vez, determinan las plantas y animales ahí asentados. A continuación se describen dichas partes:

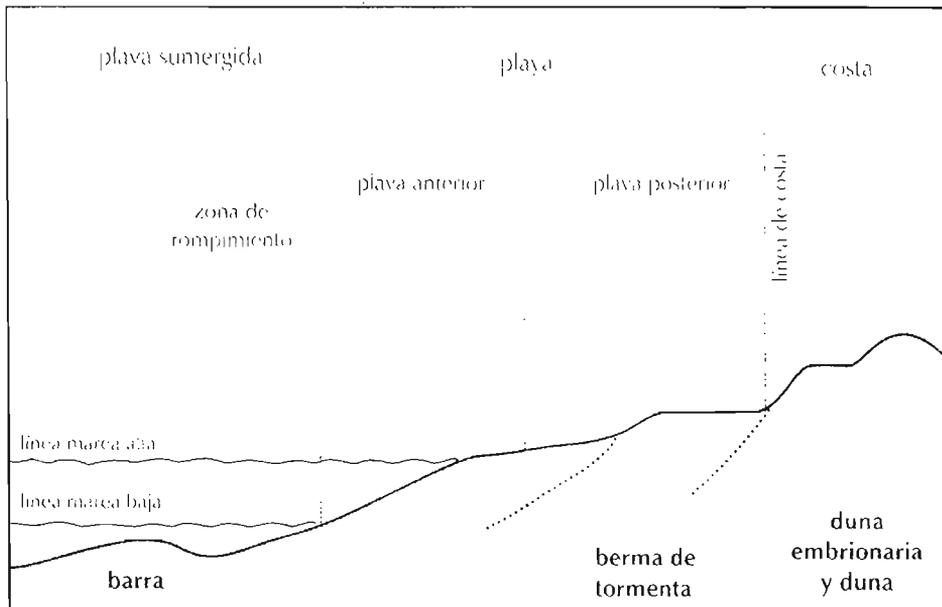


Figura 2 | Zonificación de la playa en función de las distintas condiciones ecológicas y que representan ambientes diferentes: playa sumergida, playa o zona de rompimiento y la playa propiamente, dividida en playa anterior y playa posterior. Atrás de la playa se forman las dunas embrionarias y hacia tierra adentro las dunas o médanos (Modificado de Kelletat, 1995).

- a. Zona sumergida de la playa, se extiende del punto donde las olas interactúan por primera vez con el fondo marino (“sienten el fondo”) al punto donde comienzan a romperse por primera vez. Por tanto, es un ambiente totalmente marino, siempre cubierto por agua.
- b. Zona de rompimiento, se extiende desde el punto en donde rompe la ola (donde termina la zona sumergida descrita anteriormente) hasta la zona intermareal tierra adentro. Puede presentar barras, zurcos y canales de corrientes. Siempre está cubierta por el agua y es muy dinámica, con gran movimiento de sedimentos.
- c. Zona de playa propiamente, se localiza entre el nivel más bajo y el más alto de la marea (incluyendo los niveles registrados durante tormentas). Está sujeta a períodos de desecación superficial, los cuales son más pronunciados en la playa alta, también llamada playa superior o posterior, que es donde se localiza la mayor parte de la vegetación de playa. En la playa anterior o baja, se acumulan restos de algas y pastos marinos arrojados por el mar, y en ocasiones germinan y se establecen

algunas especies anuales. Ésta es una de las zonas utilizadas por aves costeras como sitios de alimentación. Así mismo, es una de las zonas de uso turístico más intenso y abarca –por lo menos una parte de ella– el área administrada por la Dirección General de Zona Federal Marítimo Terrestre y Ambientes Costeros (ZOFEMATAC).

Las playas son moldeadas por las corrientes y mareas, mientras que las dunas por los vientos

Por atrás de las playas, recordando la definición anterior, se presenta una estructura geomorfológica terrestre (una duna, un acantilado u otro tipo de comunidad vegetal como un humedal o una selva y, hoy en día, frecuentemente, construcciones). Así, atrás de la playa posterior, lo primero que se forma son las dunas embrionarias y más atrás las dunas propiamente, las cuales se estructuran debido a la acción del viento, y no al oleaje (Figura 2).

La existencia de las playas depende de una fuente de materiales —sedimentos— para reemplazar la arena que se pierde naturalmente por la acción de las olas y corrientes. Es necesario reaprovisionar la playa de manera constante con sedimentos para así poder mantener el perfil del lugar.

Las playas son formaciones en las costas dominadas por procesos asociados al oleaje, con ambientes de alta energía, con oleaje fuerte que moviliza el sedimento, donde se mueven partículas de gran tamaño que producen los depósitos de arena denominados playas. Con frecuencia, en estas costas dominadas por el oleaje y que acumulan gran cantidad de sedimentos, como es la arena, también se dan procesos asociados al viento, ligados a la formación y mantenimiento de las dunas. Por tanto, en una misma costa se puede dar sólo un proceso o bien ambos; se puede encontrar una playa únicamente bordeada en la parte terrestre por una selva sobre suelos oscuros, un acantilado o bien una laguna o manglar. O también una playa bordeada en la parte posterior por un conjunto de dunas. En resumen, la playa es una estructura geomorfológica ligada con la acción del mar a diferencia de las dunas, las cuales están ligadas con la acción del viento.

Las dunas

Las dunas son acumulaciones de arena que miden desde unos centímetros (dunas embrionarias) hasta un sistema masivo de colinas de arena ondulantes que se extienden varios kilómetros tierra adentro. Los sedimentos que las forman provienen de arena arrojada por el oleaje a las playas, donde queda expuesta al aire. Con el sol y la brisa, el sedimento se seca, los granos de arena quedan expuestos y son movili- zados por el viento. Se han formado fundamentalmente por la acción eólica, es decir, del viento, que levanta, acarrea y deposita los granos de arena (Ranwell, 1972). Para que todo esto suceda, tiene que haber:

- Una fuente de arena, como es una playa, donde haya acumulación de sedimentos.
- Los granos deben ser de un tamaño que permita su transporte aéreo.
- El viento debe tener suficiente fuerza para levantar los granos de arena.

Las dunas o médanos se consideran activas o móviles cuando hay posibilidad de que arena expuesta, seca, y por lo general 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 mientras no se elimine la cubierta de vegetación.

Las dunas son grandes acumulaciones de arena formadas por el viento. Cuando son móviles, avanzan sobre cultivos y carreteras por lo que se les tiene poco aprecio. Frecuentemente se busca estabilizarlas sembrando árboles, ya sea nativos o introducidos, y la mayor parte de las veces esto resulta en fracasos por no usar la vegetación adecuada. Juegan un papel muy importante en la protección de las construcciones y actividades productivas tierra adentro, durante tormentas y huracanes, ya que disminuyen la fuerza del viento e impiden que la salinidad penetre hacia otras comunidades no costeras.

Orientación de las dunas

Las dunas pueden formar cordones paralelos al mar, y si se pudieran observar desde

el aire parecería que continúan el oleaje, pero ahora formado por olas de arena. Presentan esta orientación cuando el viento dominante proviene del mar y mueve los granos de arena en esa dirección. Cuando el viento dominante es paralelo a la costa, los sistemas de dunas son más bien perpendiculares a la línea de costa o bien con un cierto ángulo: el viento juega un papel determinante en el arreglo espacial que las dunas tienen en los campos de médanos.

En la costa de Veracruz, los vientos más fuertes se producen durante los huracanes, asociados a fuertes lluvias; y durante los nortes se presentan lluvias ocasionales. Estos vientos son los responsables de mover gran cantidad de arena y dar la forma y orientación a las dunas. Los huracanes son eventos puntuales y se producen ocasionalmente, en cambio los nortes están presentes cada año, durante varios meses. Por su constancia, éstos últimos son los principales responsables del movimiento de arena (Moreno-Casasola, 1982).

Movimientos de los granos de arena

Los granos de arena se mueven mediante dos procesos. El primero de ellos se llama "saltación", justo porque los granos saltan. Una primera partícula de arena es levantada por el viento y posteriormente, al caer, golpea a otras partículas que se elevan sobre la superficie de la arena y el viento las transporta de nuevo y las deja caer en otro sitio, volviéndose a dar la "saltación". Al cabo de unos segundos se tiene gran cantidad de granos de arena saltando y moviéndose. El otro proceso se da cuando los granos de arena ruedan, por ejemplo, hacia abajo de una pendiente.

Cualquier obstáculo con el que choque el viento hace que disminuya su velocidad y los granos de arena caigan. Por eso se acumula la arena alrededor de las edificaciones, barreras de árboles, etc. Éste es el principio que se utiliza para fijar médanos a través del establecimiento de cercas de madera u otro tipo de obstáculos.

Forma de las dunas

Existen diversas formas de dunas y éste es uno de los aspectos que más se modifican con el paso del tiempo. La forma más sencilla se da cuando sólo se tiene arena y nada de vegetación. Las partículas de arena son totalmente libres de moverse y solo dependen del viento, de su dirección e intensidad. En estos casos forman las

llamadas dunas transgresivas, las cuales son grandes cordones de arena que van avanzando lentamente. Son frecuentes en Tamaulipas, centro de Veracruz, Baja California Sur y Norte, Sonora, Sinaloa, Oaxaca y Chiapas. En la Figura 3 se muestra un esquema de este tipo de dunas.

Las dunas parabólicas o medias lunas se orientan en función de los vientos dominantes. Se forman cuando comienza a haber vegetación que inicia la fijación de la arena. Estas zonas se mueven más lentamente que el resto de la duna, por lo que las partes estabilizadas se van quedando atrás y las partes más móviles avanzan, formando una parábola. De esta manera las dunas transgresivas se van transformando en parábolas. En ellas se diferencia con claridad la cima, la pendiente de sotavento y la de barlovento, los brazos y las hondonadas deflasivas con su gradiente de humedad, desde secas hasta inundables (Figura 3). En una duna parabólica el viento proviene

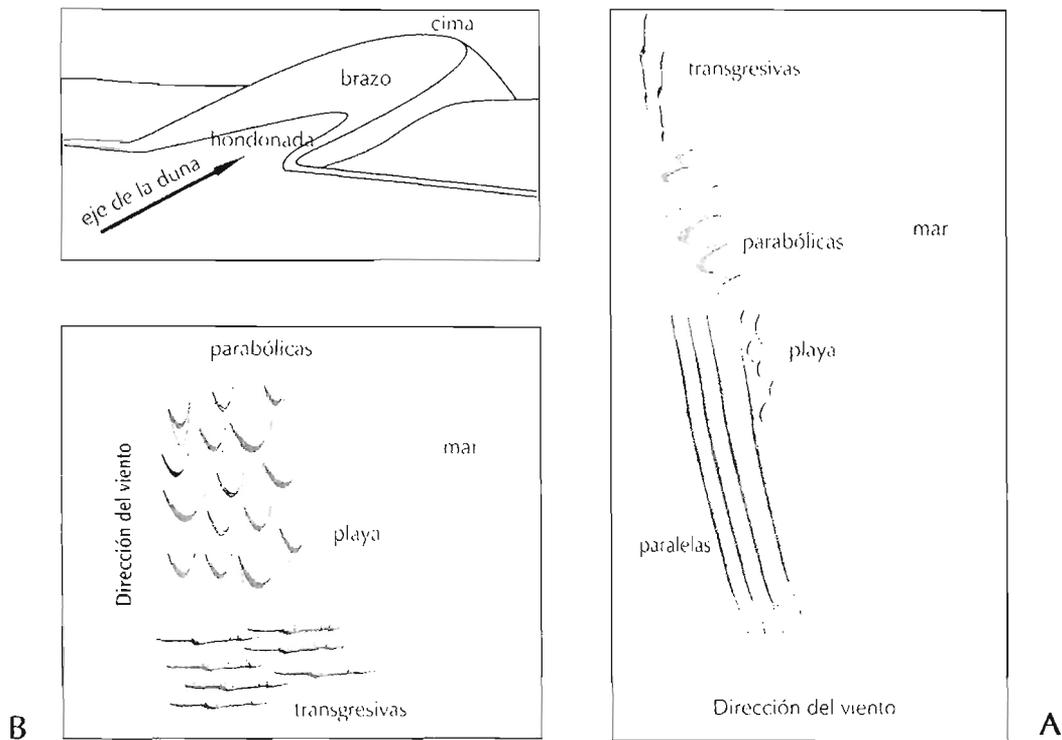


Figura 3 | Forma de las dunas: parábolas, transgresivas y activas. Las dunas parabólicas se forman cuando comienza a aparecer vegetación que inicia la fijación de la arena. En ellas se diferencia claramente la cima, la pendiente de sotavento y la de barlovento, los brazos y las hondonadas deflasivas con su gradiente de humedad, desde secas hasta inundables. En la figura A el viento dominante proviene del mar hacia tierra adentro. En la figura B corre paralelo a la línea de costa (modificado de Bird, 1996).

del extremo opuesto a la cima, es decir, que primero golpea la hondonada deflasiva y la base de los brazos (lado de barlovento). Si no hay una cubierta de vegetación, levanta los granos de arena y los transporta hasta golpear con un obstáculo y perder velocidad, al chocar con la cima. Deja caer la arena del lado de mayor pendiente de la cima (sotavento) y los granos caen rodando hasta la parte baja y de esta manera la duna avanza. La hondonada se va excavando por la erosión provocada por el viento hasta tener contacto con la arena húmeda, ya cercana al nivel del manto freático. Estos granos tienen mayor cohesión y el viento ya no puede acarrearlos. En aquellas costas en que el viento dominante proviene del mar, se forman cordones de dunas paralelos a la costa y dunas parabólicas con una orientación perpendicular a la línea de playa. Entre ellos también hay zonas más protegidas que pueden llegar a estar en contacto con el manto freático y por lo tanto inundarse.

Tamaño de las dunas

Una duna puede alcanzar desde dos o tres metros hasta 50 m de alto y un campo de dunas se puede extender hacia tierra adentro por varios kilómetros. Sin embargo, cuando se inicia la formación de una duna, ésta es pequeña. Las dunas embrionarias se localizan en la parte posterior de la playa, paralelas a la línea de costa, frente al sistema de dunas propiamente, atrás de la playa. Se forman por acarreo de arena de la playa por el viento y debido a su acumulación frente a un obstáculo, como una planta o un grupo de plantas, por un conjunto de plántulas o ramas enraizadas recién llegadas a la playa, por la presencia de obstáculos como trozos de madera o bien por el crecimiento de plantas hacia la playa como son las ramas de especies rastreras como *Ipomoea* (riñonina) y *Canavalia*.

Con el tiempo, las dunas embrionarias van creciendo gracias a la acumulación de mayor cantidad de arena, y llegan a unirse unas a otras formando un cordón. Esta acumulación de arena implica un movimiento tanto de la arena como de la propia duna, por lo que al alcanzar cierto tamaño ya constituyen un médano y comienzan a formarse dunas embrionarias de nuevo frente a ellas. Mediante este mecanismo las dunas caminan tierra adentro o bien en dirección del viento de mayor fuerza. Estas dunas embrionarias primero pasarán por una etapa de dunas embrionarias incipientes, dunas embrionarias establecidas y finalmente formarán otra vez un cordón de dunas, reiniciándose el proceso. Éste constituye el ciclo de acumulación de

sedimentos y fijación de los mismos que hacen que las playas y dunas constituyan uno de los ambientes de sedimentación más importantes.

Topografía y microambientes

La topografía y el grado de estabilización —que a su vez modifica a la propia topografía— están asociados a ciertas condiciones ambientales. Por ello, ha habido varios intentos para describir o clasificar estos microambientes (Castillo y Moreno-Casasola, 1998). En general se puede hablar de:

- a. Ambientes de dunas activas, o sea aquellos en los cuales predomina el movimiento de arena, ya sea erosión o acumulación, lo cual conlleva que haya poca materia orgánica en los suelos y una baja capacidad de retención de agua. En general, las condiciones ambientales son drásticas por lo que pocas especies están adaptadas a vivir aquí, y además no alcanzan grandes coberturas. Las playas (estructuras dependientes de procesos marinos), dunas embrionarias y dunas activas (estructuras dependientes de procesos eólicos) pertenecen a este tipo de ambientes. La figura 4 muestra el movimiento de arena en una duna.

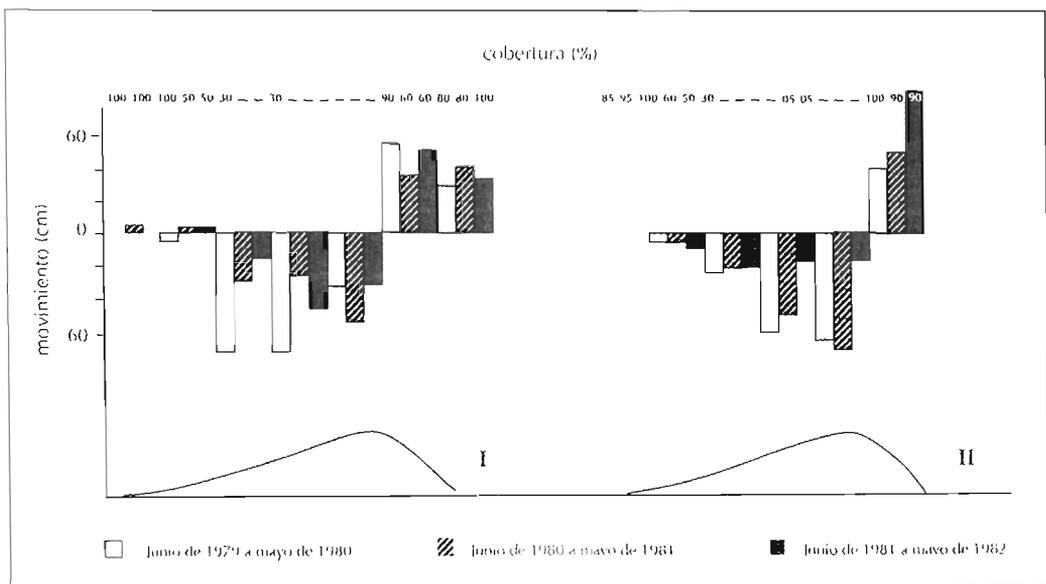


Figura 4 I Movimiento de arena sobre las dunas de La Mancha, Municipio de Actopan, Veracruz, medido durante tres años. Las barras por encima del nivel significan acumulación y por abajo significan erosión (tomado de Moreno-Casasola, 1982).

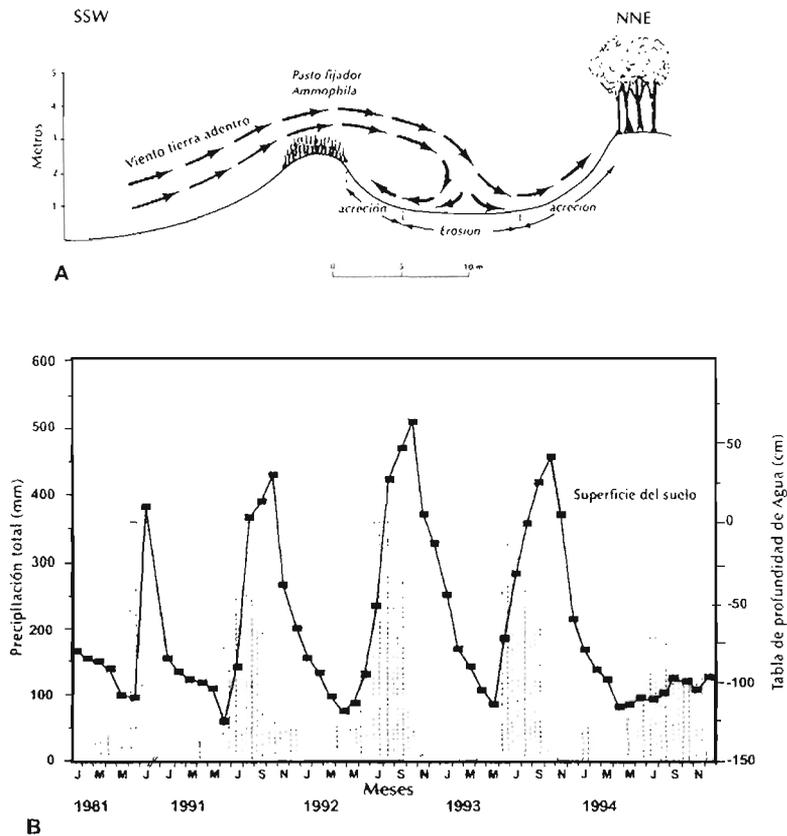


Figura 5 | Hondonada inundable y fluctuación del manto freático.

- a. Flujo de la corriente de viento y acumulación de arena frente al obstáculo, que puede ser una planta o una duna. La misma corriente de viento va produciendo una hondonada (basado en Bird, 2000).
- b. Fluctuación del manto freático en una hondona a lo largo de 5 años (línea continua). La línea muestra el nivel del suelo y las barras la precipitación (basado en Martínez *et al.*, 1997).

b. Ambientes húmedos e inundables se encuentran en las áreas más bajas donde el viento ha acarreado la arena hasta entrar en contacto con el sustrato húmedo por la cercanía del manto freático. En las partes más bajas de las dunas se sitúan las depresiones deflasivas, entre los dos brazos de la parábola; en ocasiones también aparecen en las playas. En algunos casos forman lagunas interdunarias, permanentes y de agua dulce como las más de 20 lagunas del puerto de Veracruz. La figura 5 muestra un esquema de cómo se forman estas hondonadas y de la fluctuación del manto freático en los sistemas que se inundan periódicamente.

c. Ambientes estabilizados son aquellos en que la cubierta vegetal ha estabilizado el sustrato y se ha llegado a incorporar algo de materia orgánica, convirtiéndolo en un

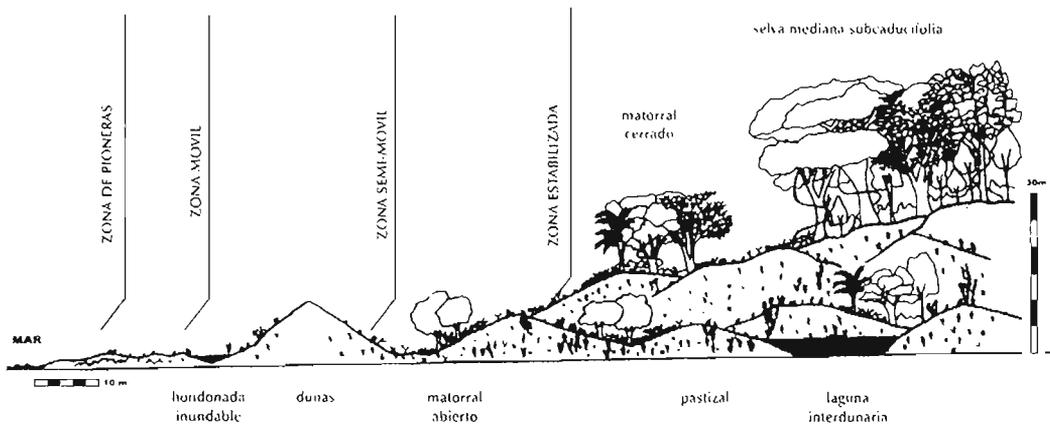


Figura 6 | Comunidades vegetales que se establecen en las dunas estabilizadas.

mejor suelo en el que se llegan a establecer comunidades vegetales más estructuradas tales como pastizales, matorrales y selvas (Figura 6).

Esta variedad de ambientes permite que en un mismo sistema de dunas haya desde condiciones de inundación permanente (una laguna interdunaria) y de inundación temporal, hasta sequía, la cual impide el establecimiento de muchas especies. Ello favorece una importante variedad de comunidades vegetales y riqueza de especies.

Ecología y funcionamiento

La vida en la playa

Las algas y plantas son elementos fundamentales de los ecosistemas y también en la costa juegan un papel muy importante. Son productores primarios, es decir, mientras viven llevan a cabo la fotosíntesis. Utilizan la luz del sol y mediante ello crecen, y al morir y descomponerse incrementan la cantidad de materia orgánica en estos ambientes. La descomposición permite que los compuestos se presenten en forma de

La productividad de la playa depende de la presencia de la flora y la fauna que habitan en ella y, a su vez, diversos factores ambientales ejercen su influencia y determinan su presencia, tales como la acumulación y la erosión de sedimentos, la pendiente, la energía del oleaje, la habilidad para retener agua y la presencia de materiales orgánicos.

nutrientes y así sirvan de alimento a otros organismos. Peces, moluscos y otros animales se alimentan de estos productores primarios, estableciéndose así las cadenas alimenticias de productores primarios, herbívoros y carnívoros.

En la zona de playa sumergida y de rompimiento de oleaje, la producción primaria se restringe a microorganismos y algas. En una playa típica expuesta, la fotosíntesis está dada por algas unicelulares, como las diatomeas, que debido a la movilidad del sustrato están fuertemente adheridas a los granos de arena. Existen muchos microorganismos, los cuales en áreas expuestas también están adheridos a la arena, que incluyen a organismos descomponedores que rompen la materia orgánica en partículas. Son responsables de la mayor parte de la respiración registrada en los sedimentos.

El sistema de espacios y canales entre los granos de arena (32-40 % de porosidad) es un hábitat importante con fauna altamente especializada. Hay numerosos grupos de invertebrados. Abundan (dominan numéricamente) los nemátodos, copépodos, turbelarios y gastrotricos. Cuando la playa está sumergida se vuelven activos en la superficie de la arena y son alimento de peces, aves playeras y otros organismos. Algunos son usados como carnada por los pescadores.

Las plantas de la playa y de las dunas

Las plantas de las playas son los productores primarios encargados de incrementar la cantidad de materia orgánica en estos ambientes, que son muy pobres. La horajasca que producen, al igual que las ramas caídas, o plantas muertas, incrementan la cantidad de nutrientes del suelo y ayudan a la retención del agua en los poros entre la arena. Las ramas y follaje proporcionan protección, casa y alimento a muchos otros animales, desde invertebrados como los cangrejos, hasta aves y mamíferos. Estabilizan la arena y ayudan a mantener la línea de costa, ya que las raíces y ramas son una protección contra la erosión producida por el oleaje y los vientos. Son de las

En las playas y dunas habitan plantas muy especializadas, cuyas adaptaciones les permiten sobrevivir a las altas temperaturas del suelo, salinidad aérea y movimiento del sustrato. En las costas de México existen varias especies endémicas, esto es, que sólo habitan en nuestras playas y dunas.

pocas especies adaptadas al enorme dinamismo de la playa, por lo que pueden ser eliminadas de una zona para resurgir en otra o en esa misma, tiempo después, y volver a crear condiciones para la vida de otras plantas y animales.

La zona de playa posterior presenta alta movilidad del sustrato, baja disponibilidad de nutrientes, temperaturas y radiaciones altas, suelos salinos. La vegetación no forma una capa densa, sino que es más bien baja y abierta. Por su proximidad a la línea de mareas está expuesta a inundaciones por agua de mar durante las mareas altas, tanto en las épocas cercanas a los equinoccios de primavera (marzo) y otoño (septiembre), como durante las tormentas tropicales y huracanes en el período de agosto a noviembre. Los huracanes pueden eliminarla en su totalidad. Además, la playa está expuesta a inundaciones por agua dulce debido al incremento del nivel del manto freático en épocas lluviosas o por tormentas tropicales acompañadas de lluvias intensas. La composición de especies vegetales en la playa está determinada por la tolerancia de las especies a estas condiciones.

De la orilla del mar hacia las dunas, frecuentemente se presenta una zonación de la vegetación, pues hay especies que están en la parte delantera y otras en la parte posterior, en función de su tolerancia a los factores físicos que rigen la dinámica de la playa (Moreno-Casasola *et al.*, 1982). Las especies más tolerantes a las condiciones impuestas por la cercanía al mar se localizan cerca de la línea de marea alta, donde la salinidad es mayor y en ocasiones sufren el impacto del oleaje. Ejemplo de ello son *Sesuvium portulacastrum*, *Okenia hipogaea* y el pasto *Sporobolus virginicus*.

En nuestro país crecen plantas pioneras de dunas y fijadoras de médanos de varias formas de crecimiento. En las zonas subtropicales, hacia el norte del país, como Tamaulipas y el norte de Veracruz, predominan los pastos (*Uniola paniculata*). En las zonas más cálidas de ambos litorales aparecen las herbáceas rastreras como *Ipomoea pes-caprae* (la riñonina), *Canavalia rosea* e *Ipomoea imperatii*. Siguen presentes algunas gramíneas como *Sporobolus virginicus*, varias especies de *Schyzachirium* y se hacen presentes formas arbustivas como *Chamaecrista chamaecristoides*, *Palafoxia lindenii* y *Croton punctatus*, las dos primeras endémicas del Golfo de México. Son las responsables de estabilizar los médanos. En el Pacífico, en la zona de playa, predominan *Abronia maritima*, *Jouvea pilosa*, *Distichlis spicata*, *Pectis arenaria*,

así como *Ipomoea pes-caprae* y *Canavalia rosea*. En el Pacífico tropical es frecuente encontrar en la playa árboles de *Hippomane mancinella*.

Conforme se van estabilizando las dunas, predomina primero una cubierta herbácea, la cual lentamente se ve moteada por pequeños manchones de arbustos. Éstos a su vez se van extendiendo hasta formar una selva.

Otros habitantes interesantes de las playas son cangrejos, tortugas marinas, aves y mamíferos marinos. A continuación se describirán brevemente estos grupos.

Aves

Varios grupos de aves utilizan las zonas de playa y dunas para llevar a cabo una gran variedad de actividades como son alimentación, descanso y reproducción. Las principales familias que hacen uso de este tipo de ambientes son *Charadriidae*, *Haematopodidae*, *Recurviroestridae*, *Scolopacidae* y *Laridae*.

A las primeras tres familias se les conoce comúnmente como aves playeras. La mayoría de ellas migran largas distancias entre sus áreas de reproducción y de invernación. Durante estos recorridos, que algunas veces incluyen más de 4,000 kilómetros, los playeros dependen de áreas clave para descanso, alimentación y arreglo de sus plumas. Algunas veces se congregan miles de playeros en estos sitios de paso, donde se alimentan de invertebrados, como insectos, crustáceos, gusanos y arañas, los cuales les permiten engordar, formar grasas y proteínas que les sirven de reserva durante el viaje.

Las playas y dunas también tienen fauna muy característica como son las aves playeras, los cangrejos y las tortugas marinas, que dependen de estos ambientes para su sobrevivencia.

Como en todas las aves, las características del pico y de las patas reflejan la diversidad de técnicas que utilizan para comer y caminar en estos ambientes. Un pico grande y delgado se usa de manera muy distinta a un pico corto y fuerte. Lo mismo sucede con patas largas que permiten caminar en mayores profundidades, y patas cortas, que dan oportunidad de correr más rápido.

Las gaviotas, gallitos y rayadores también utilizan la zona de playa. Las gaviotas pueden llegar a alimentarse de restos de animales que quedan expuestos en la playa y que han sido acarreados por las mareas. Algunas especies de gallitos pueden anidar en la playa alta o en las dunas embrionarias, principalmente en islas o islotes. Estas aves anidan en colonias sobre la arena y restos de conchas. Algunas aves playeras, como el ostrero, también llegan a utilizar la playa para poner sus huevos sobre la arena.

Aves rapaces

Las aves rapaces se convierten en un elemento primordial en la zona costera de Veracruz. El centro del Estado es de influencia crítica para las aves migratorias tropicales. En la región, se han registrado más de 220 especies migratorias que representan más de dos tercios del total de este tipo de aves conocidas en el hemisferio. Constituye el principal corredor migratorio de aves rapaces en el mundo, no sólo por la cantidad de especies sino por el número que cruzan, cada año, el cual rebasa los 3 millones.

Además de las aves rapaces, otras aves costeras y acuáticas usan este mismo corredor, como los pelícanos, cigüeñas y algunas especies de patos.

Las playas y dunas son ecosistemas ricos en ambientes y por tanto en flora y fauna. En México se han registrado más de 1, 600 especies de plantas. Además, hay numerosos organismos muy especializados que dependen de estos ambientes para su sobrevivencia: aves playeras, tortugas, cangrejos, plantas endémicas de dunas, entre otros.

Cangrejos

Son crustáceos con un esqueleto externo. Su tamaño es muy variable. Se alimentan de semillas, plantas y algunos de ellos son depredadores de otros animales. En el manglar juegan un papel substancial en la fragmentación y descomposición de la hojarasca, materia prima fundamental para la producción de nutrientes en estos ricos ecosistemas.

El cangrejo azul, *Cardisoma guanhumi*, es uno de los más grandes de México. Es muy apreciado por sus manos. Durante la época de lluvias migra hacia la playa en

donde pone sus huevecillos. Éstos pasan aproximadamente un mes en el mar y regresan a tierra, donde continúan creciendo. La migración es uno de los momentos más vulnerables. Además, las carreteras y otros obstáculos como las casas en las playas, han reducido sus poblaciones, aunado a la captura indiscriminada que se hace de esta especie en la etapa migratoria.

Las jaibas son cangrejos acuáticos también muy apreciados. Para su manejo existen tecnologías, como la jaiba desnuda, que se obtiene durante la muda del cangrejo. Sin embargo, es conveniente hacer notar que estas tecnologías se basan en los organismos capturados en la naturaleza y no implican, en realidad, su reproducción y cuidado.

Tanto los cangrejos como las jaibas dependen de manera fundamental de los ambientes costeros –lagunas, pastizales y matorrales, humedales– para sobrevivir.

Tortugas

Las tortugas marinas tienen más de 200 millones de años sobre la superficie de la Tierra. Hay solamente ocho especies en el mundo y de ellas 7 anidan en las playas de México. Al estado de Veracruz llegan cinco de estas especies (tortuga lora, tortuga verde, tortuga laúd, tortuga caguama y tortuga carey). Las tortugas marinas eran muy abundantes y estuvieron en peligro de desaparecer por la caza desaforada y por el uso indiscriminado de sus huevos. Actualmente, son especies protegidas en la norma Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2001 publicada en el Diario Oficial de la Federación el 6 de marzo del 2002.

Durante el verano, las tortugas se acercan a las playas, generalmente a la misma donde nacieron, para desovar. Excavan un hoyo y ponen sus huevos, los cuales después de algunas semanas eclosionan y emergen pequeñas tortuguitas. En la etapa de huevo son ávidamente buscadas por distintos mamíferos, como los mapaches y el hombre. En el momento de eclosionar, y durante las primeras semanas de vida, sirven de alimento a gran cantidad de aves y otros animales marinos.

La infraestructura que el hombre ha desarrollado en las costas, tales como luces, barreras físicas, entre otros, impiden que las tortugas lleguen a la playa designada para

poner sus huevos. Los campamentos tortugueros ayudan a incrementar la sobrevivencia de los nidos y de los huevos, y hoy en día se han convertido en un atractivo turístico. Ejemplo de ello son las campañas de los hoteles de Puerto Vallarta, México o de Playa Tortuguero en Costa Rica, donde la liberación de tortugas es un atractivo para los huéspedes.

Mamíferos marinos

De entre los mamíferos marinos, los pinnípedos utilizan las playas para establecer territorios y reproducirse. Los sitios más importantes son las Islas del Golfo de California y del Océano Pacífico. En México viven cuatro especies: *Zalophus californianus*, *Arctocephalus townsendi*, *Poca vitulina* y *Mirounga angustirostris*.

Distribución en México

Las playas y dunas no se distribuyen de manera homogénea en México. Son frecuentes en las costas acumulativas (Ortiz y Espinosa, 1991; Contreras, 1993; Moreno-Casasola *et al.*, 1999). En el litoral Atlántico predominan las costas de tipo acumulativo, de playas bajas y arenosas, donde abunda la sedimentación. En la costa de Tamaulipas y norte de Veracruz hay extensos campos de dunas, siendo uno de los más interesantes la isla de barrera de Cabo Rojo. En el centro y sur de Veracruz también hay grandes sistemas de dunas. En el extremo sur de Tabasco y en la zona deltáica y pantanosa de este estado las playas son escasas y los campos de dunas ausentes. En el Caribe se forman playas angostas y, particularmente en el norte de la Península hay islas de barrera que constituyen las mayores acumulaciones de arena.

En la costa del Pacífico, a lo largo de la costa occidental de la Península de Baja California, hay costas con dunas producto de la depositación. En el Golfo de California, en la región del Alto Golfo hay una importante acumulación de sedimentos y se producen extensos campos de dunas sobre todo en el lado continental. A lo largo del litoral de Sonora, hasta el centro de Oaxaca (Tehuantepec) las dunas no son frecuentes. En las costas de Oaxaca y Chiapas, la llanura costera es la más extensa del Pacífico, con un talud levemente pronunciado y en esta zona se presentan campos de dunas (Ortiz y Espinosa, 1991; Contreras, 1993).

Importancia de las playas y dunas

Actualmente, se ha reconocido que distintos ecosistemas brindan servicios ambientales (ver capítulo doce sobre Servicios ambientales que proporciona la zona costera, de esta sección). Éstos se definen como aquellas condiciones y procesos mediante los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los forman mantienen y satisfacen la vida y las necesidades humanas. La idea se podría extender al mantenimiento de la vida en la Tierra. Esto significa que su sola existencia, o sea, su funcionamiento y composición de especies proporcionan al ambiente un beneficio, y éste redundaría en la calidad de vida del hombre (Daily, 1997).

Las dunas son importantes desde el punto de vista ecológico por el solo hecho de existir como ecosistemas, pero también por los servicios ambientales que le prestan al hombre. Patrick Hesp (2000), un geomorfológico costero de Nueva Zelanda y Eddy van der Maarel (1993 y 1997), un ecólogo costero holandés, junto con otros autores, brindan varios elementos que permiten ver la trascendencia de estos ecosistemas. Las playas y dunas:

- Son una fuente o abasto esencial de sedimentos, que a través de su capacidad para moverse y cambiar de forma en las zonas litorales, protegen las tierras interiores de la erosión provocada por las tormentas y el incremento potencial del nivel del mar, es decir, juegan un papel fundamental en la interfase tierra-mar para la protección de la vida tierra adentro.
- Cuando están cubiertas por vegetación, atrapan la arena que acarrea el viento y estabilizan la playa y las dunas, manteniendo de esta manera el abasto de sedimentos que permite que lleven a cabo su papel de protección.
- Representan uno de los ecosistemas más dinámicos de la Tierra.
- Proveen de un rango único de estructuras geomorfológicas y de ecosistemas que tienen un alto valor natural.
- Actúan como un área de filtración de agua de lluvia hacia el subsuelo, ayudando también a mantener una buena calidad de la misma.
- Proveen un rango de distintos hábitats que van desde condiciones de fuerte aridez hasta ambientes acuáticos, tanto temporales como permanentes, y proveen hábitats especializados para plantas y animales, entre ellos aves.

- Proveen alto valor recreacional.
- Proveen espacio para asentamientos humanos ya que sobre los campos de dunas se han desarrollado gran cantidad de ciudades costeras.
- Han favorecido la evolución de especies adaptadas a las condiciones físicas imperantes en el sistema, entre ellas de plantas tolerantes a las condiciones de movilidad de arena, proceso característico de las dunas.
- Están interconectados de manera importante con otras zonas de playas y dunas, ya que algunas funcionan como fuentes temporales de depósitos de arena.

Las playas y dunas prestan importantes servicios ambientales al ser humano. Su papel en la protección de costa tierra adentro es fundamental, además de su valor recreativo para nuestra sociedad actual.

En muchísimas costas se busca estabilizar tanto las dunas embrionarias como las dunas o médanos. A veces hay necesidad porque el movimiento de arena las está llevando a cubrir zonas productivas, caseríos o bien caminos. Desafortunadamente se utilizan plantas introducidas que no son las más adecuadas. Entre las favoritas está el pino de mar introducido desde Australia, *Casuarina equisetifolia*. Esta especie tolera el enterramiento por arena, igual que muchas otras plantas nativas, pero también produce otros problemas. Su hojarasca no se descompone con facilidad y, por tanto, no aporta nutrientes al suelo; bajo su sombra rara vez crecen plantas y actúa como una bomba de agua, extrayendo este líquido del manto freático. Como se mencionó en el capítulo ¿Qué significa vivir en la zona costera? de esta sección, con frecuencia los problemas y la necesidad de solucionarlos se producen por un mal manejo o una decisión incorrecta. La ubicación de caseríos o caminos en el borde o cima de las dunas hará que tarde o temprano existan problemas, ya que una de las características de estos ecosistemas es su dinamismo. Si se elimina la cubierta vegetal, ya sea por actividades ganaderas, extracción de madera, quemadas, etc. se abrirán espacios en esta cubierta y se iniciará el movimiento de arena. Ello llevará a desestabilizar el sistema y pasar de una duna estable a una duna móvil.

Principales problemas a los que se enfrentan las playas y dunas

Carter (1988) opinó que entre todos los ecosistemas costeros, las dunas de arena son

las que han estado sujetas a las mayores presiones por parte del hombre. Plantea que muchos sistemas de dunas han sido alterados de manera irreversible por las actividades humanas, tanto de manera accidental como intencional. Los mayores impactos se han dado al modificar el transporte de sedimentos y por lo tanto alterar de manera permanente la dinámica que les es propia y que les permite erosionarse, crecer y volver a erosionarse de manera cíclica.

Algunos de los usos que no se les debe dar a las playas: extracción de arena, actividades mineras, construcción.

En México, el principal problema que afecta a las playas y dunas es la carencia de una reglamentación donde se valore su existencia y se dicten normas para su uso. Cualquier edificación de inmuebles (desde particular hasta desarrollos inmobiliarios, turísticos, de servicios portuarios) o construcciones de carreteras consideran que las dunas son ambientes pobres y carentes de importancia ecológica; desde la perspectiva ingenieril son fáciles de nivelar y su textura suave permite introducir servicios posteriormente y tienen escaso valor predial. Por tanto, la regla que se aplica es nivelar, extraer la arena para otros usos y transformarlos en otros ambientes, frecuentemente cubiertos de cemento y asfalto. Aparte de la pérdida ambiental que ello representa, esta falta de visión está eliminando una de las protecciones naturales provistas por la naturaleza, pues permite disminuir el riesgo que los asentamientos humanos y las propiedades tienen bajo los actuales escenarios de litoralización y elevación del nivel del mar (ver capítulo ¿Qué significa vivir en la costa?). Otro factor primordial de transformación, sobre todo de modificación de la cubierta vegetal y disminución de la diversidad, es la ganadería. Un altísimo porcentaje de las dunas

Los principales problemas a los que se enfrentan las playas y dunas en México son: erosión, contaminación por desechos orgánicos, aguas negras y basura, incremento de los brotes de marea roja, falta de accesos públicos y servicios, ausencia de zonificación para actividades, desconocimiento por parte del público en general y de las autoridades gubernamentales de la importancia y servicios ambientales que prestan, sobre todo en escenarios de incremento en el nivel del mar, carencia de normas oficiales para su manejo y zona federal sumamente estrecha.

mexicanas están invadidas por especies forrajeras donde hay pastoreo de ganado bovino.

En el mundo, uno de los principales problemas hoy en día es la erosión de las playas. México no está libre de este problema. En Cancún, Quintana Roo, se están llevando a cabo programas para alimentar artificialmente las playas con arena y así recuperar el turismo. Las principales actividades que han deteriorado la dinámica de erosión y acumulación de las playas son el uso directo de la arena para actividades de edificación, la construcción de estructuras como embarcaderos, muelles, espigones y diques que en conjunto afectan, por un lado, la disponibilidad de materiales y, por el otro, el movimiento de arena a lo largo de las costas, transformando de esta manera los patrones costeros de sedimentación y erosión (Snedaker y Getter, 1985) y la disminución del aporte de sedimentos por las presas. Muchas de estas actividades forman parte básica del desarrollo económico del país, por lo que no pueden dejar de hacerse. Sin embargo, sí pueden llevarse a cabo de manera correcta, teniendo en cuenta la necesidad de conservar la dinámica propia de los ecosistemas costeros y no sólo la rentabilidad económica y utilizar instrumentos como las manifestaciones de impacto ambiental, bajo una visión integral de la zona costera.

Otro problema es la contaminación de las playas. Esta proviene de diversas fuentes: aguas que llegan al mar con agroquímicos y aguas negras, basura que esas mismas aguas transportan, basura que dejan los visitantes. El número de plantas de tratamiento en México es aún muy bajo y muchas de ellas no funcionan adecuadamente. Siguen siendo comunes los drenajes directos al mar como en el Puerto de Veracruz. En el ámbito mundial (por ejemplo en Haití, en el Caribe), ha habido niveles críticos de contaminación que se consideran un riesgo sanitario y las playas han sido cerradas temporalmente (Hinrichsen, 1998). El año pasado se generó a través de los periódicos de México un enfrentamiento entre PROFEPA y el sector turístico por el grado de contaminación de las playas. Además, hay contaminación de playas por chapopote, aceites y diesel utilizados por lanchas. Estos últimos cobran gran importancia en zonas donde hay una fuerte actividad recreativa con lanchas y yates o pesca recreativa. En este último caso, también hay una enorme producción de basura en forma de envases, líneas de pesca, etcétera.

La marea roja se está convirtiendo en un fenómeno cada vez más frecuente en las playas mexicanas, y constituye un crecimiento desmedido de poblaciones de algas unicelulares marinas. Cuando no hay esta explosión de algas, pasan a formar parte del fitoplancton. Estos son organismos de gran influencia en la red alimenticia de peces, y en otros organismos de enorme importancia económica. Algunas de las especies que forman este fitoplancton producen neurotoxinas, que son transferidas a través de la red alimenticia y, por tanto, al llegar a organismos de mayor tamaño como crustáceos, peces, aves, mamíferos marinos y aún el hombre, generan fuertes intoxicaciones que pueden producir la muerte. Estudios realizados en las costas de Estados Unidos han mostrado que en los últimos 30 años se ha incrementado el número de especies de algas tóxicas, el número de toxinas y las áreas afectadas. Las pesquerías dañadas han incrementado las pérdidas económicas. No hay una razón contundente para explicar este incremento, pero un gran número de científicos consideran que está asociado al incremento de nutrientes que se da en la zona costera. Este proviene tanto de los fertilizantes que se usan en los campos de cultivo como de la materia orgánica presente en las aguas negras, todo lo cual escurre y finalmente llega a la costa.

El acceso a las playas es otro gran problema. Los municipios rurales frecuentemente le dan poca importancia y una vez establecido un desarrollo turístico se encuentran que no hay acceso a las playas por parte de la comunidad o del público en general (costa de Quintana Roo, Costa Esmeralda en Veracruz, las pequeñas bahías de Costa Alegre en Jalisco como ejemplo). Por otro lado, los visitantes con frecuencia buscan introducir sus vehículos hasta el lugar mismo donde van a poner la toalla. Este problema está vinculado a la falta de servicios en las playas públicas de México, ya que éstas no cuentan con estacionamientos, sanitarios, guardarropas, etcétera.

Así, se producen daños a la cubierta vegetal y erosión de dunas debido al uso de los vehículos recreativos (buggies), y al paso de personas. Experimentos hechos en Inglaterra mostraron que cuando una persona caminaba 10 veces al mes por la misma zona, la altura de los pastos se reduce 66 %; con 40 caminatas en un mes, la altura se reduce 75 %; con 80 caminatas se empieza a producir suelo desnudo y con 150 caminatas al mes desaparecía la mitad de la cubierta vegetal (Boorman y Fuller, 1977). Los vehículos para todo tipo de terreno tienen un enorme impacto en las dunas. Aparte

de la destrucción de la cubierta vegetal, se compacta la arena y disminuye el oxígeno accesible a las raíces. Su efecto persiste más en el tiempo, ya que la arena comienza a erosionarse con el viento y su huella queda marcada aún por varios años. Es importante zonificar actividades y definir dónde se pueden utilizar este tipo de vehículos y dónde no, además de usar pasarelas para el tránsito de las personas, lo cual permite guiar a los visitantes hacia puntos definidos y proteger las dunas.

En las playas existe una enorme carencia de diversificación de actividades recreativas. Con frecuencia hay un conflicto entre actividades como tomar el sol, jugar fútbol en la playa, nadar y usar vehículos como motos acuáticas, bananas y lanchas de esquí, nivel de la música y búsqueda de contacto con la naturaleza, entre otros. Se requiere de una zonificación específica para realizar actividades en cada playa, donde haya un control de las mismas.

Finalmente, es necesaria una revisión de la denominada zona federal marítimo terrestre que tome en cuenta las condiciones particulares de cada playa, así como las dunas que se forman atrás. En este caso, denominado terrenos ganados al mar, no hay una claridad jurídica de la zona administrada por la federación, lo cual trae problemas graves y conflictos con los propietarios, tanto ejidales como particulares. Ello hace que los dueños consideren que no hay ningún impedimento para dar el manejo que quieran a las dunas.

Alternativas de manejo y conservación

En 1985, la rama francesa de la Fundación Europea de Educación Ambiental (FEEE) crea el programa Bandera Azul, cuyo objetivo es distinguir aquellos puertos deportivos y recreativos franceses que se caracterizan por contar con excelentes condiciones ambientales y de servicios. Actualmente es un programa a nivel europeo. Así, la Campaña Bandera Azul busca contar con playas limpias y seguras siendo el saneamiento de las aguas litorales uno de sus principales puntos de atención. La concesión de Banderas Azules Europeas constituyen un símbolo de reconocimiento a aquellas playas y puertos que alcanzan altos niveles de calidad ambiental y un equilibrio entre el uso del recurso natural y el respeto del entorno (Anónimo, 1991). En este programa se fijan y revisan criterios de concesión para juzgar los niveles de

calidad, existiendo valores aconsejables y valores obligatorios a través del análisis de coliformes fecales y estreptococos fecales. Además existen otros criterios que se evalúan (para playas, puertos y barcos) como la adecuación a la legislación ambiental, servicios relacionados con la seguridad de los usuarios y actividades de concienciación y educación ambiental que favorezcan la protección del mar y de las costas. En las playas turísticas se incluyen programas como aguas limpias y analizadas, información y educación ambiental, limpieza de arenas y recogida de basura, vigilancia y socorrismo, accesos fáciles y seguros, primeros auxilios, no a las tiendas de campaña sin control, señalización y respeto de la legislación litoral, agua potable, servicios sanitarios, no circulación de vehículos de motor, prohibición de animales domésticos. Constituye un programa que ayuda a la promoción de los municipios, incrementa el turismo responsable y los convierte en zonas de generación de empleos y recursos económicos.

146

Molina *et al.*, (1998) han desarrollado un manual de prácticas para un manejo adecuado de estos ambientes, con base en una serie de recomendaciones para la construcción de hoteles, casas, marinas, etc., en las costas de Quintana Roo. Ello brinda a constructores y desarrolladores criterios que les permiten edificaciones más acordes con el ambiente costero y con menor riesgo de ser afectadas durante tormentas y huracanes. Otras obras importantes de revisar son las elaboradas por Clark (1996) y Snedaker y Getter (1985). En México es importante impulsar, a la brevedad posible, una legislación sobre zonas costeras, normas para uso de playas y dunas y sistemas económicos que favorezcan las playas de buena calidad sobre las de mala calidad.

México tiene un gran potencial para desarrollar una actividad turística en sus playas y dunas, aunada a acciones de conservación y protección de estos ambientes. Hoy en día no existe un marco legal ni normas de manejo y conservación de ellas. Los intereses económicos están planteando una enorme presión en estas zonas. Es fundamental que dicho desarrollo garantice la integralidad y funcionamiento de los ecosistemas costeros y que su diseño se base en la capacidad del sistema, logrando así un desarrollo perdurable y sustentable ecológicamente.

RECOMENDACIONES DE MANEJO

- Asegurar que en todo desarrollo turístico o urbano se cuente con accesos públicos a las playas, así como servicios (señalización, sanitarios, estacionamientos, basureros).
- Si los accesos son a través de sistemas de dunas, éstos deberán consistir en pasarelas de madera que eviten que se dañe la vegetación.
- Se debe evitar la introducción de vehículos a las playas, por lo cual se requiere planificar estacionamientos y accesos.
- Las actividades en la playa y orilla del mar deben obedecer a una zonificación.
- Los vehículos recreativos causan grandes daños a las dunas por tanto su uso debe darse en zonas restringidas y destinadas a ello.
- Se debe analizar y controlar la construcción de estructuras marinas, con una visión integral y tomando en cuenta el transporte de sedimentos en la celda costera.
- Debe haber sistemas eficientes de limpieza de aguas vertidas al mar, así como sistemas para recoger la basura y procesarla.
- En aquellas playas donde se surfea, se debe proteger la playa y evitar construcciones, tanto en el mar como en la parte de atrás de la playa, que produzcan modificaciones a los vientos, al oleaje, a la línea de costa y los procesos de sedimentación que alteren este potencial.
- La recolección de algas marinas y desechos arrojados a la playa debe hacerse reduciendo al mínimo la extracción de arena de la playa.
- No se deben eliminar los pastos marinos en la playa sumergida; más bien se debe explicar al visitante su importancia.
- No se debe destruir la cubierta de vegetación que protege y estabiliza a las dunas.
- No se deben estabilizar las dunas con especies exóticas.
- No se debe extraer arena de la playa.
- Se deben proteger las playas donde anidan las tortugas, procurando mantener su estructura geomorfológica y vegetación, evitando luces y actividades que perturban.

BIBLIOGRAFÍA

- Anónimo.** 1991. Manual Bandera Azul. ADEAC-FEEE y Secretaría General de Turismo, Madrid, 80p.
- Bird, E. C.** 1996. Beach management. John Wiley & Sons. Nueva York, 281p.
- Boorman, L. A. y R. M. Fuller.** 1977. Studies on the impact of paths on the dune vegetation at Winterton, Norfolk, England. *Biological Conservation* 12: 203-216.
- Carter, R. W. G.** 1988. Coastal environments. An introduction to the physical, ecological and cultural systems of the coastlines. Academic Press, Nueva York, 617p.
- Castillo, S. y P. Moreno-Casasola.** 1998. Análisis de la flora de dunas costeras del Golfo y Caribe de México. *Acta Botanica Mexicana* 45: 55-80.
- Clark, J. R.** 1996. Coastal zone management. Handbook. Lewis Publishers, Nueva York, 694 p.
- Contreras, F.** 1993. Ecosistemas costeros mexicanos. CONABIO-Universidad Autónoma Metropolitana, México, D.F. 413p
- Daily, G. C.** 1997. Nature's services. Societal dependence on natural ecosystems. Island Press, Nueva York, 392p.
- Hesp, P.** 2000. Coastal sand dunes. Form and function. CDVN Technical Bulletin No. 4. Massey University, Nueva Zelanda, 29p.
- Hinrichsen, D.** 1998. Coastal waters of the world. Trends, threats and strategies. Island Press. Washington D.C., 275p.
- Kellett, D. H.** 1995. Atlas of coastal geomorphology and zonality. *J Coastal Res. Special Issue.* No. 13, 286p.

- Martínez, M. L., P. Moreno-Casasola y G. Vázquez.** 1997. Long term effect of sand movement and inundation by water on tropical coastal sand dune vegetation. *J. Canadian Bot.* 75: 2005-2014.
- Molina C., P. Rubinoff y J. Carranza.** 1998. Normas prácticas para el desarrollo turístico de la zona costera de Quintana Roo, México. Amigos de Sian Kaan-Coastal Resources Center, USAID. Cancún, México. 93 p.
- Moreno-Casasola, P.** 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: factores físicos. *Biótica* 7 (4): 577-602.
- Moreno-Casasola, P., van der Maarel, E, Castillo, S., Huesca, Ma. L., I. Pisanty.** 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: estructura y composición en el Morro de la Mancha. *Biotica* 7 (4): 491-526.
- Moreno-Casasola, P., I. Espejel, S. Castillo, G. Castillo-Campos, Durán R., J. J. Pérez-Navarro, J. L. León, I. Olmsted, J. y Trejo-Torres.** 1999. Flora de los ambientes arenosos y rocosos de las costas de México. En: G. Halffter (ed.). *Biodiversidad en Iberoamérica*. Vol. 2, CYTED-Instituto de Ecología A.C., Ciudad de Xalapa, pp: 177-258.
- NUM-059-SEMARNAT-2001.** Protección ambiental. Especies nativas de México de flora y fauna silvestres. Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio. Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación. 6 de marzo del 2002.
- Ortiz, P. M. A. y R. L. M. Espinosa.** 1991. Clasificación geomorfológica de las costas de México. *Geografía y Desarrollo* 2 (6): 2-9.
- Ranwell, D.** 1972. *Ecology of salt marshes and sand dunes*. Chapman and Hall, Londres, 258 p.
- Snedaker, S. C. y Ch. D. Getter.** 1985. *Paulas para el Manejo de los Recursos Costeros*. National Park Service, U. S. Department of the Interior, Columbia, Carolina del Sur. 286 p.
- Van der Maarel, E. (Ed.)** 1993 y 1997. *Dry Coastal Ecosystems*. Elsevier Publishing Co., Amsterdam, Vol. 1 y 2. 707 p.