

Usos de las dunas y situación actual

Uso de las dunas costeras
• *Actividades científicas y educativas* • *Servicios ambientales*

Utilización de las dunas costeras

Investigación y servicios ambientales

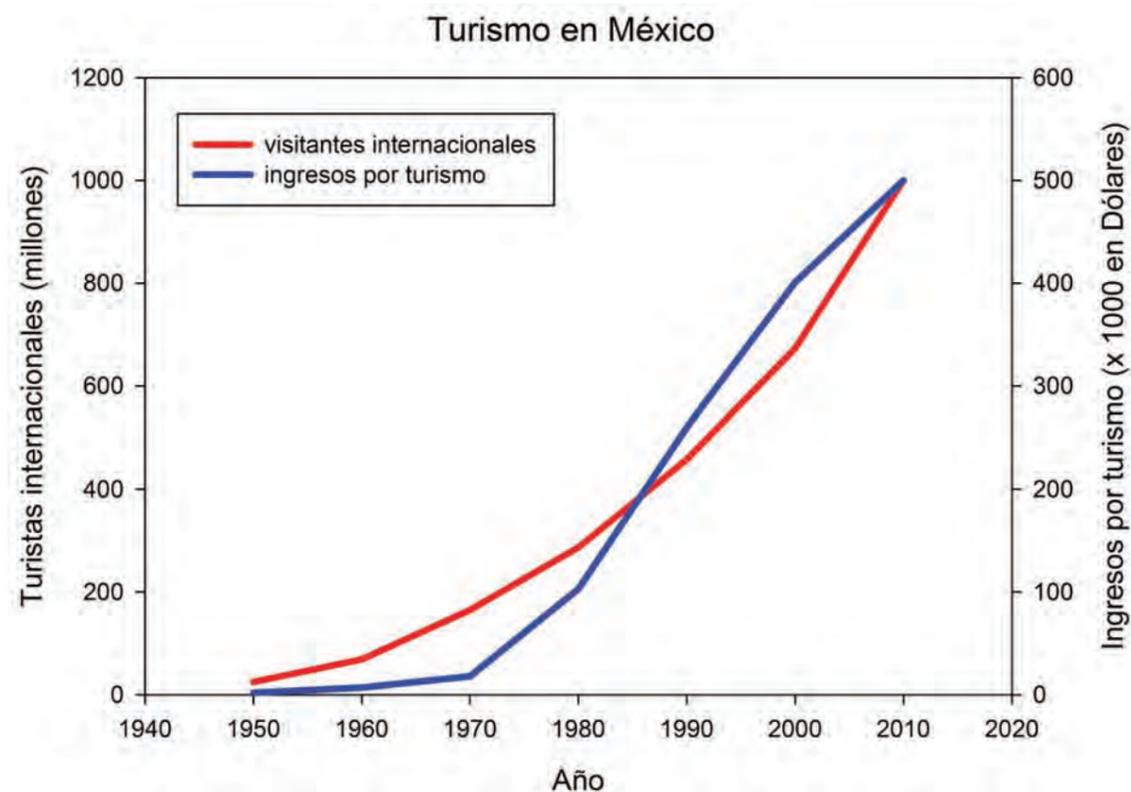
Situación actual en México

Usos prevalecientes de las dunas costeras mexicanas



Foto: M.L. Martínez

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



▲ figura 1. Turistas internacionales e ingresos económicos que ha recibido México en los últimos 25 años. (Secretaría de Turismo, 2013)

► Uso de las dunas costeras

Entre todos los ecosistemas costeros, las dunas son las que han recibido la mayor presión. Muchos sistemas se han transformado de manera irreversible a través de las actividades humanas, tanto de manera accidental como intencionalmente (Carter, 1991). La presión sobre los ecosistemas costeros se ha incrementado por la tendencia humana de migrar hacia las costas, ya sea por las actividades turísticas o para escapar de conflictos económicos o sociales que estén ocurriendo tierra adentro (Brown y McLachlan, 2002). Se ha calculado que para el año 2020, el 60% de la población mundial se encontrará a menos de 60 km de la costa, ejerciendo una presión aun mayor (UNCED, 1992). Entre todos los ecosistemas de la costa, las playas y dunas costeras son y probablemente continuarán siendo los más explotados y deteriorados (Nordstrom, 2008). Ha sido en los últimos cincuenta años cuando estos ecosistemas se han estudiado de manera objetiva y el conocimiento generado se ha integrado a las prácticas de manejo en muchos países. En México apenas es en los últimos 10 años cuando se ha empezado a valorar estos ecosistemas y a buscar su conservación y restauración. Instituciones como CONAFOR y CONABIO han impulsado proyectos para generar información, y otras como el INE han empezado a desarrollar recomendaciones para su manejo, sobre todo desde el punto de vista turístico (Silva-Casarín et al., 2012).

1991						
Turistas Nacionales			Turistas Internacionales		Turistas Totales	
Orden	Localidad	Cantidad	Localidad	Cantidad	Localidad	Cantidad
1	Guadalajara	2,014,882	Cancún	1,428,638	Cd. de México	2,338,511
2	Cd. de México	1,551,812	Cd. de México	786,699	Guadalajara	2,150,572
3	Acapulco	1,251,615	Rosarito	400,225	Cancún	1,903,556
4	Tijuana	901,280	Acapulco	329,041	Acapulco	1,580,656
5	León	850,846	P. Vallarta	308,715	Tijuana	1,184,668
6	Veracruz	836,985	Ensenada	300,139	León	896,753
7	Monterrey	759,492	Tijuana	283,388	Mazatlán	869,059
8	C. Juárez	753,711	Los Cabos	246,254	Veracruz	853,834
9	Morelia	666,559	Mazatlán	229,259	Monterrey	852,265
10	Mazatlán	639,800	Mérida	190,861	Cd Juárez	823,825

2005						
Turistas Nacionales			Turistas Internacionales		Turistas Totales	
Orden	Localidad	Cantidad	Localidad	Cantidad	Localidad	Cantidad
1	Cd. de México	8,166,598	Cd. de México	3,242,005	Cd. de México	11,408,603
2	Acapulco	3,617,361	Cancún	2,134,180	Acapulco	3,775,597
3	Guadalajara	1,974,660	Los Cabos	696,061	Cancún	3,072,413
4	Veracruz	1,576,595	P. Vallarta	554,560	Guadalajara	2,192,004
5	Monterrey	1,252,552	Rosarito	323,741	Veracruz	1,641,539
6	Cancún	938,233	Ensenada	277,840	Monterrey	1,511,068
7	León	933,088	Cozumel	265,844	P. Vallarta	1,341,891
8	Tijuana	884,446	Monterrey	258,516	Tjuana	1,132,236
9	Puebla	843,998	Tijuana	247,790	Mazatlán	988,668
10	Oaxaca	808,649	Mérida	228,263	Oaxaca	963,860

▲ Cuadro 1. Los diez destinos turísticos principales en términos de la cantidad de turistas en 1991 y 2005 (Modificado: PropinFrejomil y Sánchez Crispín 2007). En azul se resaltan los destinos ubicados en la costa.

► Utilización de las dunas costeras

Las dunas costeras, como ecosistemas, se han utilizado principalmente como base de actividades recreativas (sandsurf, motociclismo, caminatas, asolearse, relajarse y contemplar el mar, entre otras). Sus recursos vegetales han sido y siguen siendo utilizados como madera para construcción y utensilios, leña, alimentos, cercas, medicinas, entre otros. Asimismo, la arena que las forma se ha usado como un material de construcción y como recurso minero (cuarzo, feldespato, hierro, sílice, entre otros). También, las dunas como ecosistemas, son de gran relevancia para otras actividades como la investigación científica y tienen otros valores como es la prestación de servicios ambientales. A continuación se hará una descripción más detallada de los principales usos en México.

Turismo y recreación. Este uso está ligado a la urbanización de las costas. A nivel mundial, el turismo internacional es una de las actividades económicas más crecientes en las últimas décadas, y representa ingresos millonarios para los países visitados. Los viajes

de descanso y recreación, en especial de lo que se conoce como "sol y playa" son los objetivos del turismo más frecuentes e importantes en todo el mundo, y por décadas, México ha estado entre los primeros 10 países más visitados por turistas extranjeros (Organización Mundial del Turismo -OMT, 2012). En los últimos 50 años los turistas internacionales en México han aumentado continuamente, al igual que los ingresos económicos relacionados con esta actividad (figura 1).

Entre todos los destinos posibles que ofrece México a sus visitantes extranjeros, las playas se encuentran entre los lugares más frecuentados por turistas nacionales y extranjeros. En 1991, Cancún, Acapulco, Mazatlán y Veracruz fueron los destinos preferidos en las costas mexicanas. En 2005 se repitió el patrón, pero además se incluyó Puerto Vallarta. Estos resultados indican que entre el 40 y el 50% de los turistas prefieren destinos ubicados en la playa (Cuadro 1). Solamente el 30% de los destinos

más frecuentados por los turistas nacionales se encuentran en la costa, mientras que entre el 50 y el 60% de las localidades más visitadas por los turistas se encuentran en la playa. Las playas más visitadas por los turistas mexicanos son Acapulco, Veracruz y Mazatlán (en 1991) y Acapulco, Veracruz y Cancún (en 2005). En cambio, los destinos de playa con más visitantes internacionales fueron Cancún, Acapulco, Puerto Vallarta, Ensenada, Los Cabos y Mazatlán (en 1991) y Cancún, Los Cabos, Puerto Vallarta, Ensenada y Cozumel (en 2005).

Actualmente en México, el crecimiento turístico en zonas costeras se ha desarrollado a través de cuatro mecanismos (Amador y Moreno-Casasola, 2006) y en todos ellos ha habido un crecimiento sobre las dunas costeras, incluyendo las dunas frontales:

- a) Crecimiento de sitios turísticos con base en poblados establecidos, en los cuales se hacen nuevas inversiones y se transforman las pautas de desarrollo. Son pequeñas urbanizaciones, poblados rurales o de pescadores que cambian drásticamente su actividad y en los que los pobladores se incorporan en el servicio a los turistas, generalmente con bajos salarios. Se les llama “destinos de playa tradicionales” e incluyen en el Pacífico a Acapulco, La Paz, Guaymas, Manzanillo, Mazatlán, Puerto Escondido y Puerto Vallarta y Cozumel en el Caribe. En el 2010 estos centros recibieron 9,408,453 turistas y ofertaron 50,699 cuartos de hotel, siendo el destino preferido de los turistas nacionales (Secretaría de Turismo, 2013).
- b) Creación de polos de desarrollo turístico integrado, en los que se escoge un sitio de gran atractivo natural y se planea la infraestructura para el sitio. Se da énfasis a las instalaciones turísticas más que a la creación de una nueva ciudad. Ejemplos de ello son Cancún, Bahías de Huatulco, Ixtapa-Zihuatanejo, Loreto y Los Cabos. En el 2010 recibieron 6,231,946 turistas para una oferta de 49,468 cuartos, siendo el turismo internacional el más frecuente en estos sitios (Secretaría de Turismo, 2013).
- c) Crecimiento de puertos que traen consigo infraestructura y necesidades de urbanización para los propios trabajadores. Se generan empleos de manera directa e indirecta, por lo que son fuertes atractivos para migrantes y provocan un crecimiento de la mancha urbana. Ejemplos de ello son el puerto de Veracruz y Tuxpan, entre otros. En ellos existen otros atractivos turísticos (áreas naturales protegidas, zonas arqueológicas o coloniales, valores naturales) por lo que se estimula también la industria turística.
- d) Pobladores locales, principalmente de zonas urbanas, construyen una segunda casa en la costa. Todos buscan una vista del mar y acceso inmediato a la playa. Progreso, en Yucatán, es un caso típico e histórico, así como fue Acapulco, en los años 50. Las casas se multiplican en una línea paralela a la costa. Este tipo de desarrollo es común cerca de las ciudades costeras en casi todos los estados del país. Destacan Baja California (corredor Tijuana-Ensenada), Yucatán (Progreso-Sisal-Telchac), Veracruz (Costa Esmeralda), Sonora (Puerto Peñasco y Bahía Kino), entre otros.



▲ **figura 2.**
Ensenada: uso de cuatrimotos y destrucción de dunas.
(Foto: Gerardo Sánchez Vigil)

En estos sitios, la recreación en playas y dunas es de dos tipos:

- a) **Recreación activa**, especialmente con motocicletas y vehículos de todo terreno así como campos de golf. Esta actividad de uso de las dunas como pistas de motos y carros se ha acentuado en los últimos años. El piloto de una moto o vehículo de este tipo encuentra gran diversión no sólo en pasar por una pista muchas veces, sino en construir nuevos caminos. La formación de nuevos caminos implica pasar sobre las plantas destruyéndolas. Además, se compacta la arena destruyendo los nidos de pequeños mamíferos y reptiles. Casi todas las playas del país, cerca de las ciudades o de poblados turísticos, escogen una playa o duna para rentar motos. El problema es más acentuado en las playas del norte del país, ya que es un pasatiempo de los norteamericanos que visitan estas ciudades donde hay menos restricciones que en Estados Unidos. En Baja California las dunas de la playa municipal de Ensenada se destruyeron en su totalidad en 20 años por este nocivo uso; en Baja California Sur (playa El Coyote), en Sonora (Puerto Peñasco) y en Veracruz (Chachalacas) se dan ejemplos claros de este pasatiempo (figura 2).

- b) **Recreación pasiva**, se refiere a caminatas, sandsurf, paseo en bicicletas, que aprovechan las formas de las dunas y la arena para divertirse. En varios sitios del país se aprovechan estas actividades y se relacionan con programas de educación ambiental donde se instruye a los visitantes sobre los valores de las dunas y otros ecosistemas costeros cercanos. Hay programas que han funcionado durante muchos años, destacando los de La Mancha en Veracruz y en la barra arenosa de Punta Banda en Ensenada. Asimismo, en casi todas las playas turísticas, especialmente donde anidan tortugas, hay grupos de guías explicando la función de las playas y dunas. Dentro de los usos pasivos está la contemplación. Las dunas costeras constituyen paisajes con una gran belleza escénica que sirve para esparcimiento espiritual, como lo aseguran los expertos de dunas costeras (de la Vega, 2011), los usuarios de las playas mexicanas (Espejel et al, 2007; Cervantes et al, 2008) y que se evidencia en algunos sitios como Chachalacas (Veracruz) quienes usan el término “tranquilo” para referirse a las dunas costeras ubicadas a unos kilómetros de su localidad (Wojtarowski Leal, 2011). Numerosas obras de arte, fotografías y libros muestran la belleza de estos ecosistemas (Moreno-Casasola, 2010).

Es común que los desarrollos turísticos crezcan de tal forma que los atractivos naturales que ofrecían se vean afectados por el mismo desarrollo. El modelo de desarrollo turístico (ciclo de vida de Butler, 1980) que se adoptó en el mundo costero, de hoteles junto al mar, ha sido el principal detonante de la pérdida de playas y dunas costeras y por lo tanto, la consecuente reducción de la protección costera, aquí y en el mundo entero. En México, Cancún es un ejemplo clásico de este fenómeno. Cancún es una isla de barrera que fue totalmente urbanizada. Esta otrora hermosísima isla, mide 22 km de largo y antes de 1970, estaba cubierta por dunas costeras, con diversos tipos de vegetación, desde comunidades de pioneras y matorrales con palmas, hasta selvas. Actualmente cuenta con campos de golf, hoteles, clubs privados y centros comerciales (figura 3). Alrededor de 600,000 personas habitan la ciudad cuya infraestructura turística en gran parte está construida sobre dunas costeras (Seingier et al, 2009), por lo que ya no existen ni las dunas ni la vegetación costera que Espejel (1986) describió para Cancún y zonas aledañas. La desaparición de las dunas costeras aumentó la vulnerabilidad de los propios desarrollos frente al impacto de los huracanes, cada vez más intensos. Un ejemplo de esta vulnerabilidad incrementada es lo que ocurrió con el huracán Stan, en el 2005. Este huracán afectó a Guatemala, El Salvador y el Sureste de México, causando inundaciones y deslaves que resultaron en la muerte de 1,600 a 2,000 personas. El daño total estimado fue de 2 mil millones de dólares. Antes de Stan pasaron Gilberto y Wilma, el más destructivo de los huracanes (Silva -Casarín et al, 2012). Además de los daños en las construcciones, estos huracanes se llevaron consigo el tesoro máspreciado de Cancún: sus playas y dunas costeras.

Agricultura y ganadería.- Los pobladores locales también cultivan sobre las dunas, sobre todo en las partes donde las plantas nativas de los médanos han aportado materia orgánica, haciendo el suelo más fértil. Entre los cultivos más usuales están el cacahuete, el pipián y la sandía. Más recientemente la caña de azúcar está cubriendo extensiones grandes, y como el manto freático en la zona costera está cerca de la superficie, se extrae agua para su riego. Estos cultivos se ubican en zonas protegidas, es decir que existen médanos estabilizados entre la playa y los cultivos, que son los que reciben el impacto de los vientos, la salinidad y el movimiento de arena. En los huertos de los pobladores establecidos en zonas de médanos se cultivan árboles frutales como el chicozapote y el mango.

Durante el *boom* del henequén en Yucatán (1880-1910) (Zuleta, 2004), en las dunas se cultivó *Agave angustifolia*. Aun quedan vestigios de las plantas, las cuales ya forman parte de las comunidades vegetales de las dunas costeras yucatecas (Espejel, 1984; Torres et al, 2010).

El cultivo más extendido en las dunas es el de la palma de coco (*Cocos nucifera*), especie muy utilizada desde la época de la colonia española en nuestro país. Durante la última mitad del siglo pasado se cultivó para extraer la copra y grandes zonas de médanos fueron cubiertas con este cultivo. Hoy en día se ha extendido una plaga, el ama-



▲ figura 3.
Desarrollos turísticos en Cancún de 1960 a 1999 a) 1960; b) 1983 y c) 1999.
(Fotos propiedad de Instituto de Ingeniería, UNAM)

rillamiento letal del coco, producido por una bacteria patógena (*Phytoplasma*) que es transmitida por insectos y causa la muerte de la palma en pocos meses. Con variedades resistentes, el coco sigue siendo utilizado ampliamente por las comunidades (González-Marín et al, 2012).

Una de las principales transformaciones de la cobertura vegetal de las dunas se produce por el uso ganadero. Esta actividad se realiza con diferentes grados de intensidad. Algunas comunidades introducen ganado en dunas estabilizadas y utilizan el fuego para abrir espacios o inducir rebrotes de pastos o tallos nuevos, como los tallos modificados (cladodios) del nopal (*Opuntia* spp.) en Jalisco por ejemplo. Para intensificar la actividad e incrementar el número de cabezas de ganado se tala la vegetación y se introducen pastos exóticos como estrella de África (*Cynodon plectostachium*; *Cynodon nlemfuensis*) y pasto privilegio (*Panicum maximum*), entre otros (Travieso-Bello et al 2006). En algunas zonas la búsqueda para ampliar el terreno bajo uso ha hecho que se utilicen las dunas frontales, provocando una pérdida de la cubierta vegetal nativa que mantiene la forma de las dunas.

Minería.- Las mineras extraen arena, carbón mineral, cobre, hierro y cromo, e incluso titanio y carbonato de calcio (Carter 1991), cuarzo, feldespato (Rodríguez et al, en prensa). Las actividades mineras son "a cielo abierto", se extrae la arena y se traslada a donde se va a usar, por ejemplo en la construcción de carreteras, o se exporta. Actualmente hay un mercado fuerte de minerales, por lo que se está promoviendo la minería en todo el país. Los proyectos mineros generan un severo deterioro ambiental, por lo que tienen como condicionante restaurar los sitios. De esta manera, aumentará la necesidad de proyectos de restauración y reforestación de dunas donde las actividades mineras han sido abandonadas.

Investigación y servicios ambientales

Actividades científicas y educativas

La gran diversidad de climas y especies donde ocurren las dunas costeras da como resultado ecosistemas diversos y dinámicos que han sido tema de interés ecológico desde hace más de 100 años. Desde el siglo XIX, las dunas costeras han sido objetos importantes de estudio dentro de la ecología. Ya en 1835 Steinheil publicó resultados de investigaciones sobre la vegetación de dunas costeras de Holanda (van der Maarel, 1993). Posteriormente, el norteamericano Henry Chandler Cowles publicó en 1898 una investigación detallada sobre la vegetación de las dunas costeras ubicadas en la costa del Lago Michigan (en EUA), donde demostró que los ecosistemas cambian a lo largo del tiempo. A partir de estos estudios surgieron varias teorías ecológicas como la sucesión, que se refiere a los cambios en los ecosistemas y el reemplazo de las especies a lo largo del tiempo. Estos conocimientos permiten comprender el funcionamiento de todos los ecosistemas del planeta.

El dinamismo acelerado de los ecosistemas de dunas costeras, convierte a estos sistemas en laboratorios naturales donde es posible analizar los mecanismos naturales de regeneración, cuyo conocimiento es esencial para proyectos de restauración y reforestación (Moreno-Casasola et al, 2008; de la Vega, 2011; Álvarez-Molina et al, 2012; Moreno-Casasola et al, 2013).

Por otro lado, la tolerancia a las condiciones ambientales tan limitantes (Maun, 1994; 1998) que caracteriza a estos ecosistemas también ha hecho interesante el estudiarlos desde varios puntos de vista: evolutivo, fisiológico e incluso en términos utilitarios. El conocimiento de los mecanismos y de los límites de tolerancia de las especies tiene utilidad potencial para proyectos de restauración y manejo de dunas costeras. La similitud en las respuestas de los organismos ante las condiciones ambientales tan limitantes, a pesar de ser especies con diferentes historias evolutivas, también es tema de interés para los ecólogos, puesto que ofrece la oportunidad de estudiar la manera en que han surgido respuestas semejantes en especies muy distintas, lo que se conoce como "convergencias evolutivas".

Servicios ambientales

Las dunas costeras, como otros ecosistemas, proveen recursos naturales como son alimento, bebida, combustible, material para construcción, abrigo y productos farmacéuticos. Pero otro tipo de beneficios que no habían sido apreciados sino hasta recientemente, son los servicios sin los cuales los humanos dejarían de existir. Estos servicios incluyen procesos de purificación del agua y del aire, descomposición de la basura, regulación del clima, regeneración de la fertilidad del suelo, mitigación de sequías e inun-



▲ figura 4. Clasificación de los servicios ambientales. (ME, 2005)

daciones, polinización de los cultivos y de la vegetación natural, dispersión de semillas, ciclo y movimiento de nutrientes, control de plagas, protección de los rayos ultravioleta del sol, y producción y mantenimiento de la biodiversidad, la cual es fundamental para sostener los procesos anteriores. Esta colección de servicios se conoce como *servicios ambientales* y se refiere al conjunto de condiciones y procesos a través de los cuales los ecosistemas naturales y las especies que los conforman, ayudan a mantener y complementar la vida humana (Daily, 1997; Daily et al, 1997). Por tanto es muy importante reconocer, no solamente a nivel científico sino también social y gubernamental, que los ecosistemas de dunas costeras proveen tanto recursos, incluyendo los forestales, como también una gama de servicios ambientales de enorme valor para la sociedad.

En la Evaluación de los Ecosistemas del Milenio (ME, 2005) se elaboró un sistema de clasificación de los servicios ambientales basado en cuatro líneas conceptuales (figura 4). Se conjuntaron los servicios ambientales en cuatro grupos.

- Soporte:** son los necesarios para la producción de los demás servicios ambientales (el ciclo de nutrientes, la fotosíntesis).
- Aprovisionamiento:** son los productos que obtenemos de los ecosistemas (como alimentos, leña, fibras).



▲ figura 5. Relación de los servicios ambientales con los componentes del bienestar humano. (ME, 2005)

- Regulación:** son los beneficios que se obtienen a partir de la regulación de procesos que se producen gracias al buen funcionamiento del ecosistema (como la polinización, la regulación de enfermedades, regulación del clima).
- Culturales:** son los beneficios no materiales que se obtienen de los ecosistemas (recreativo, turístico, estético, espiritual).

Como complemento de la clasificación de los servicios ambientales, el grupo constituido para realizar la Evaluación del Milenio (ME, 2005) determinó que los servicios ambientales están relacionados con el bienestar humano (figura 5). Así por ejemplo, los servicios de aprovisionamiento están fuertemente relacionados con el suministro de materiales que son esenciales para una vida decorosa; los servicios de regulación afectan la seguridad y la salud; los servicios culturales afectan la cohesión social (ME, 2005).

Las dunas costeras de México, como las de todo el mundo, ofrecen diferentes servicios ambientales que abarcan las cuatro clases. Por ejemplo, son servicios de apoyo al contribuir al ciclo de nutrientes, al ciclo del agua y a la producción primaria. Proveen de servicios de aprovisionamiento al obtenerse madera, fibra, productos farmacéuticos, ornamentales, etc., cuando a sus especies las transformamos en un recurso natural. Ofrecen servicios de regulación especialmente al brindar protección contra tormentas

y huracanes, al purificar el agua, mitigar las inundaciones y ser un ambiente para la polinización. Asimismo, en las dunas se dan servicios culturales para la recreación, la contemplación de su belleza estética, para el trabajo de los científicos y para el beneficio del espíritu.

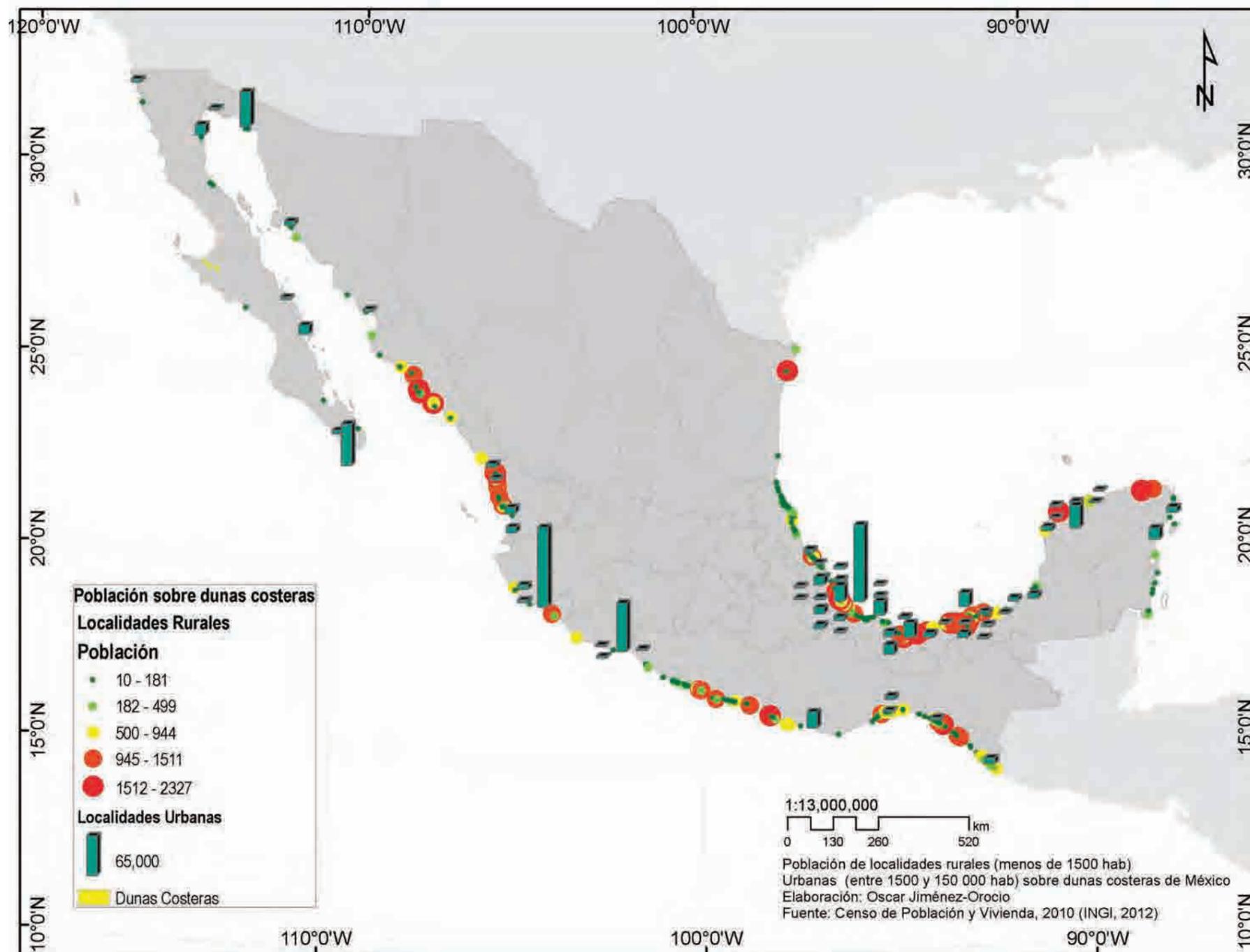
En diferentes regiones del país, los servicios ambientales pueden variar en importancia, por ejemplo, si atrás de las dunas hay infraestructura urbana o agropecuaria, las dunas costeras ofrecen un servicio de regulación como es la protección a inundaciones ocasionadas por el embate de las olas. Si hay selvas tropicales en las dunas, ofrecen el servicio de aprovisionamiento de especies útiles. Si están bien conservadas, ofrecen servicios culturales para actividades relacionadas al bienestar físico y espiritual y para la investigación científica, así como servicios de aprovisionamiento por su germoplasma representado en su biodiversidad. Y todas, en todo el país, aunque estén deterioradas, prestan el servicio de apoyo para que se lleven a cabo los ciclos de la vida.

La destrucción y fragmentación de las características naturales (dinámica hidrogeomorfológica y de la vegetación) de las dunas costeras resulta en la pérdida de los servicios ambientales que permiten y mejoran la vida en la costa mexicana.

► Situación actual en México

La superficie total cubierta por dunas costeras en México suma 808,711 ha, y éstas se encuentran en diferentes estados de conservación y grados de amenaza. En un análisis aproximado, se calcula que se ha transformado la tercera parte de las dunas del país (principalmente a usos urbanos y agropecuarios) y el resto permanece natural.

En la figura 6 se presenta el mapa del México costero. De acuerdo con el INEGI, una población se considera rural cuando tiene menos de 2,500 habitantes, mientras que la urbana es aquella donde viven más de 2,500 personas. En el 2010, se contabilizaron 47 ciudades de más de 5,000 habitantes (Cuadro 2, pag. 88), aunque sólo cinco son grandes ciudades costeras que tienen frente de mar, las cuales han sido total o parcialmente construidas sobre dunas (Cancún, Acapulco, Veracruz, Mazatlán y Ensenada). Otras ciudades costeras tienen frente de mar pero han crecido sobre acantilados, como Huatulco en Oaxaca y Tijuana en Baja California, que es una ciudad de más de un millón de habitantes, pero solo una colonia es costera y ha crecido sobre dunas (Playas de Tijuana). Veracruz es el estado con más localidades urbanas costeras (23) que albergan entre 2,800 y medio millón de habitantes. En el cuadro 2 se presentan las 47 ciudades costeras mexicanas de más de 10,000 habitantes que han perdido total o parcialmente el servicio ambiental de protección costera que ofrecen las dunas. Todos los centros urbanos de 2,500 habitantes o más suman un total de 3,944,957 personas que viven en ciudades sobre dunas costeras. Asimismo son 3,301 poblados rurales (de menos de 2,500 habitantes) donde viven 197,460 habitantes. En total tenemos que en el 2010 vivían sobre las dunas fragmentadas, con usos agropecuario y urbano, 4,142,417 personas.



▲ figura 6.
Principales ciudades costeras en México (entre 1,500 y 150,000 habitantes) y poblados rurales costeros construidos total o parcialmente sobre dunas.

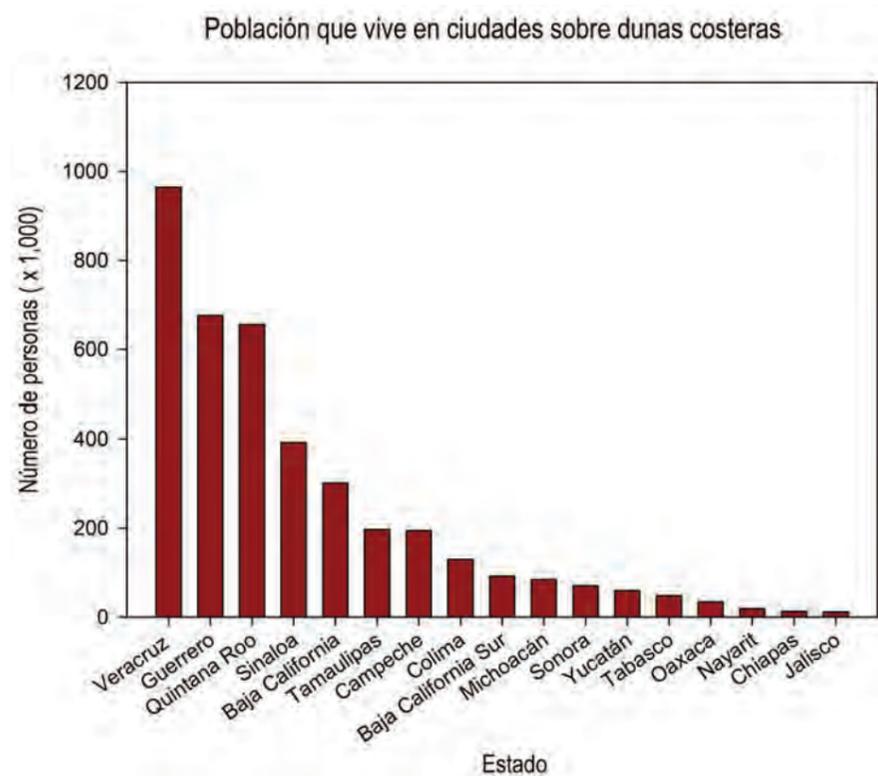
▼ Cuadro 2.

Principales ciudades costeras de más de 3,000 habitantes que han perdido el servicio ambiental de protección de la línea de costa por haber abatido las dunas costeras.

Estado	Municipio	Ciudad	Población total
Baja California	Ensenada	Ensenada	279,765
	Total Ensenada		279,765
	Mexicali	San Felipe	16,702
	Total Mexicali		16,702
	Playas de Rosarito	Primo Tapia	4,921
	Total Playas de Rosarito		4,921
Total Baja California			301,388
Baja California Sur	La Paz	Todos Santos	5,148
	Total La Paz		5,148
	Loreto	Loreto	14,724
	Total Loreto		14,724
	Los Cabos	Cabo San Lucas	68,463
	Total Los Cabos		68,463
	Mulegé	Heroica Mulegé	3,821
	Total Mulegé		3,821
	Total Baja California Sur		
Campeche	Ciudad del Carmen		169,466
	Isla Aguada		6,204
	Nuevo Progreso		4,851
	Sabancuy		7,286
	San Antonio Cárdenas		4,206
	Total Carmen		194,548
Total Campeche			194,548
Chiapas	Puerto Madero (San Benito)		
	Tapachula		9,557
	Total Tapachula		9,557
	Tonalá	Cabeza de Toro	3,413
	Total Tonalá		3,413
Total Chiapas			12,970
Colima	Manzanillo	Manzanillo	130,035
	Total Manzanillo		130,035
	Total Colima		
Guerrero	Acapulco de Juárez	Acapulco de Juárez	673,479
	Total Acapulco de Juárez		673,479
	La Unión de Isidoro		
	Montes de Oca	Petalcalco	2,715
	Total La Unión de Isidoro Montes de Oca		2,715
Total Guerrero			676,194
Jalisco	Cihuatlán	Barra de Navidad	4,324
		San Patricio (Melaque)	7,569
	Total Cihuatlán		11,893
	Total Jalisco		

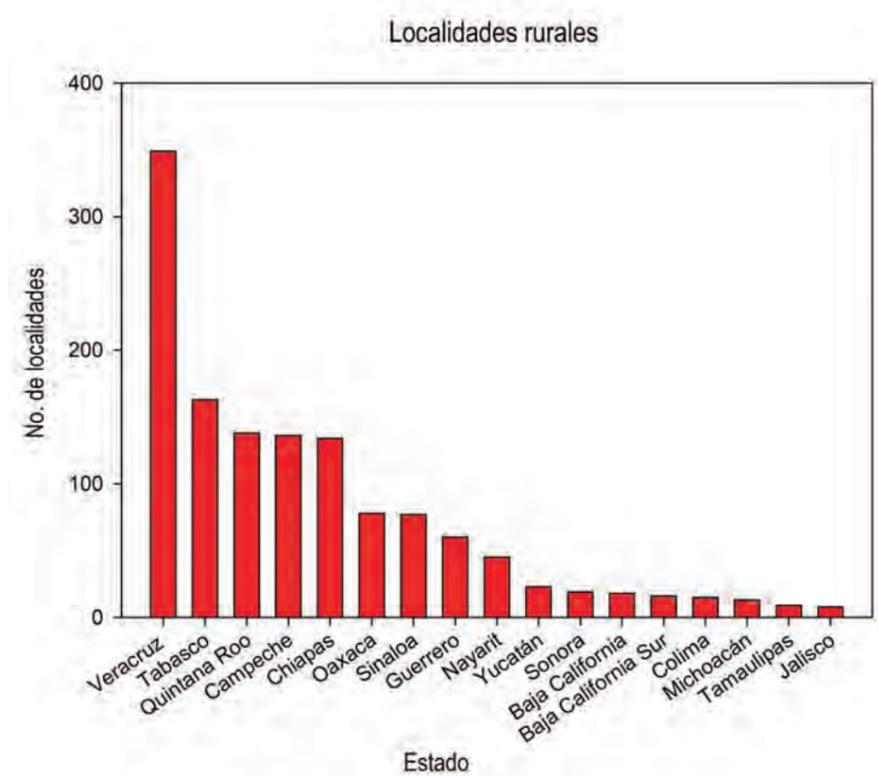
Michoacán de Ocampo	Bahía Bufadero (Caleta de Campos)			
	Lázaro Cárdenas		2,580	
		Ciudad Lázaro Cárdenas	79,200	
		Playa Azul	3,139	
	Total Lázaro Cárdenas		84,919	
Total Michoacán de Ocampo			84,919	
Nayarit	Compostela	La Peñita de Jaltemba	9,102	
	Total Compostela		9,102	
	San Blas	San Blas	10,187	
	Total San Blas		10,187	
	Total Nayarit			19,289
Oaxaca	San Mateo del Mar	Colonia Juárez	2,803	
		San Mateo del Mar	5,734	
	Total San Mateo del Mar		8,537	
	San Pedro Mixtepec -Dto. 22 -			
		Puerto Escondido	25,902	
Total San Pedro Mixtepec -Dto. 22 -		25,902		
Total Oaxaca			34,439	
Quintana Roo	Benito Juárez	Puerto Morelos	9,188	
		Cancún	628,306	
	Total Benito Juárez		637,494	
	Tulum	Tulum	18,233	
	Total Tulum		18,233	
Total Quintana Roo			655,727	
Sinaloa	Escuinapa	Isla del Bosque	5,820	
		Teacapán	4,252	
	Total Escuinapa		10,072	
	Mazatlán	Mazatlán	381,583	
	Total Mazatlán		381,583	
Total Sinaloa			391,655	
Sonora	Hermosillo	Bahía de Kino	6,050	
	Total Hermosillo		6,050	
	Huatabampo	Yavaros (Isla las Viejas)	3,692	
	Total Huatabampo		3,692	
	Puerto Peñasco	Puerto Peñasco	56,756	
	Total Puerto Peñasco		56,756	
	San Luis Río Colorado	Golfo de Santa Clara	3,967	
	Total San Luis Río Colorado		3,967	
Total Sonora			70,465	
Tabasco	Cárdenas	Coronel Andrés Sánchez	6,913	
	Total Cárdenas		6,913	
	Centla	Cauhtémoc	3,589	
		Frontera	22,795	
		Ignacio Allende	3,408	
		SimónSarlát	3,044	
		Vicente Guerrero	8,188	
	Total Centla		41,024	
	Total Tabasco			47,937
	Tamaulipas	Ciudad Madero	Ciudad Madero	197,216
Total Ciudad Madero		197,216		
Total Tamaulipas			197,216	

Veracruz de Ignacio de la Llave	Alvarado	Alvarado	23,128
		AntónLizardo	6,003
	Total Alvarado		29,131
	Boca del Río	Boca del Río	9,947
		Veracruz	126,507
	Total Boca del Río		136,454
	Coatzacoalcos	Allende	23,620
		Coatzacoalcos	235,983
		Fraccionamiento Ciudad Olmeca	16,074
		Lomas de Barrillas	8,915
		Puerto Esmeralda	3,826
	Total Coatzacoalcos		288,418
	Nautla	Nautla	3,040
	Total Nautla		3,040
	Tecolutla	Tecolutla	4,591
	Total Tecolutla		4,591
	Veracruz	Colinas de Santa Fe	6,211
		Delfino Victoria (Santa Fe)	3,896
		Fraccionamiento Costa Dorada	3,660
		Fraccionamiento el Campanario	3,543
		Fraccionamiento Geovillas los Pinos	12,840
		Las Bajadas	4,829
		Lomas de Río Medio	
		Cuatro	2,882
		Los Torrentes	4,665
		Oasis	3,325
		Río Medio [Granja]	2,895
	Valente Díaz	25,700	
	Veracruz	428,323	
Total Veracruz		502,769	
Total Veracruz de Ignacio de la Llave			964,403
Yucatán	Dzilam de Bravo	Dzilam de Bravo	2,374
	Total Dzilam de Bravo		2,374
	Progreso	Chelem	3,509
		Chicxulub (Chicxulub Puerto)	6,010
		Chuburná	1,929
		Progreso	37,369
	Total Progreso		48,817
	Telchac Puerto	Telchac Puerto	1,722
	Total Telchac Puerto		1,722
	Celestún	Celestún	6,810
Total Celestún		6,810	
Total Yucatán			59,723
Total general			3,944,957



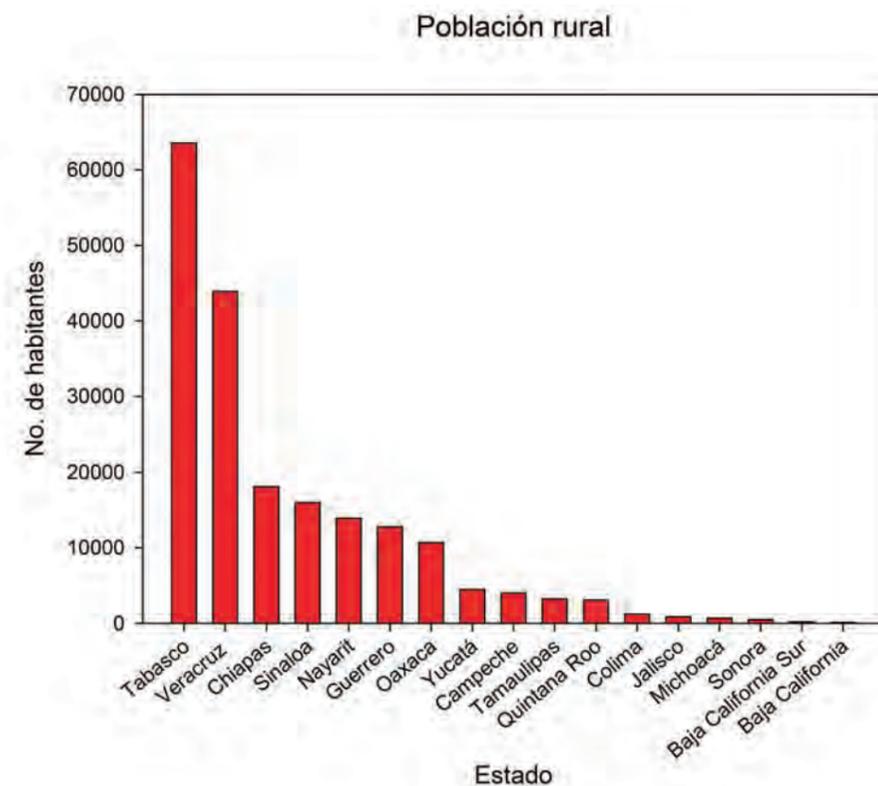
▲ figura 7.

Número de habitantes que vive en ciudades sobre dunas costeras en cada uno de los estados con litoral en la República Mexicana.



▲ figura 8.

Número de localidades rurales registradas en 2010 (según INEGI) y que están ubicadas sobre dunas costeras.



▲ figura 9.

Población rural (habitantes de localidades menores de 2,500 habitantes) que vive sobre dunas costeras.

Entre los mexicanos que viven en ciudades construidas sobre dunas costeras, los estados con el mayor porcentaje son Veracruz (24%), Guerrero (18%), Quintana Roo (17%) y Sinaloa (10%). En la figura 7 se puede apreciar la población que vive en estas ciudades en cada estado costero.

Se consideran dunas amenazadas, aquellas en las que se han construido poblados, porque las abaten y se pierden los servicios ambientales, en especial el de protección a las mismas localidades costeras. Es una amenaza porque aumenta la vulnerabilidad de la población que en ellos habita. Por ejemplo, se encontró que la mitad de las localidades rurales de México (figura 6 y 7) que están construidas sobre dunas están en el sur del Golfo de México (figura 8). Veracruz tiene el 27% de las localidades del país construidas sobre dunas, Tabasco el 13% y Campeche el 10%. En el sureste se encuentran el 21% de las localidades construidas sobre dunas costeras (Quintana Roo, 11% y Chiapas, 10%). Según Seingier et al (2009), en Veracruz y Oaxaca se encuentran también los municipios más marginados. El caso de Veracruz es prioritario para su atención en restauración y reforestación de dunas costeras porque además de tener una población

marginada, ésta es muy vulnerable a impactos por huracanes e inundaciones, por el hecho de haber crecido sobre dunas costeras y perdido el servicio ambiental protector que éstas ofrecen.

Hay casos interesantes que vale la pena comentar. Por ejemplo en Cancún se reportan más de 600,000 habitantes y como se ha mencionado, su municipio es el que más dunas ha perdido, aunque en todo el estado sólo hay 11 localidades donde 3,107 personas viven sobre dunas.

Para priorizar necesidades de restauración y reforestación a nivel nacional habría que empezar por los estados con más población rural sobre dunas, ya que son las más vulnerables (figura 9). Por ejemplo, hay fraccionamientos en el municipio de Veracruz, que son del tamaño de ciudades en otros estados; en el cuadro 2 se puede observar que el Fraccionamiento Ciudad Olmecca tiene 16,074 habitantes casi la misma cantidad que la ciudad de San Felipe en Mexicali, Baja California. Estas poblaciones, que han abatido sus dunas y construido sobre de ellas, tienen severos problemas de inundación. Hay casos interesantes que vale la pena comentar. Por ejemplo en Cancún se reportan más

de 600,000 habitantes y como se ha mencionado, su municipio es el que más dunas ha perdido, aunque en todo el estado solo hay 11 localidades donde 3,107 personas viven sobre dunas.

Los fraccionamientos mencionados anteriormente en el municipio de Veracruz, y que fueron construidos sobre las dunas (figura 10), tienen severos problemas de inundación. Además, en la temporada de nortes son cubiertos con arena. Por ello, es importante elaborar una estrategia para no crear nuevas zonas de riesgo a inundación por el abatimiento de las dunas (por ejemplo, nuevos desarrollos turísticos en Altata, Sinaloa; Cabo Cortéz, Baja California Sur, etc.). Es importante utilizar casos como los del Puerto de Veracruz (Veracruz) y Cancún (Quintana Roo) como ejemplos de lo que no se debe hacer para evitar el aumento del riesgo a inundación en la costa. Por lo tanto, es importante desarrollar una estrategia para la atención de la vulnerabilidad costera basada en dos líneas de trabajo, la primera con énfasis en la conservación de las dunas existentes que aún no han sido alteradas y la segunda en la restauración y reforestación de las dunas, como barreras de protección costera.



▲ figura 10.
Fotografía de casas habitación en un fraccionamiento de Veracruz después de un norte, donde los vientos mueven la arena, afectando a la población.
(Foto: Gerardo Sánchez Vigil)

Usos prevalentes de las dunas costeras mexicanas

A partir del análisis de las dunas costeras en las imágenes de Google Earth se clasificaron los usos de las dunas en cinco clases (figura 11). Se consideran dunas costeras aquellas con y sin vegetación como se explicó en el capítulo de geomorfología.

1. **Naturales.** Condiciones naturales sin ningún disturbio aparente. Cuando hay vegetación, en principio es nativa (por experiencia de los autores, aunque en áreas del trópico húmedo pueden dominar los pastizales ganaderos y entonces se consideran en la clase 3), pero en esta escala no se puede apreciar el grado de calidad de la misma, es decir, no es posible apreciar la proporción de cobertura vegetal de

plantas introducidas. En estudios de escala más fina, habrá que seleccionar si las dunas requieren conservarse o restaurarse (reforestarse).

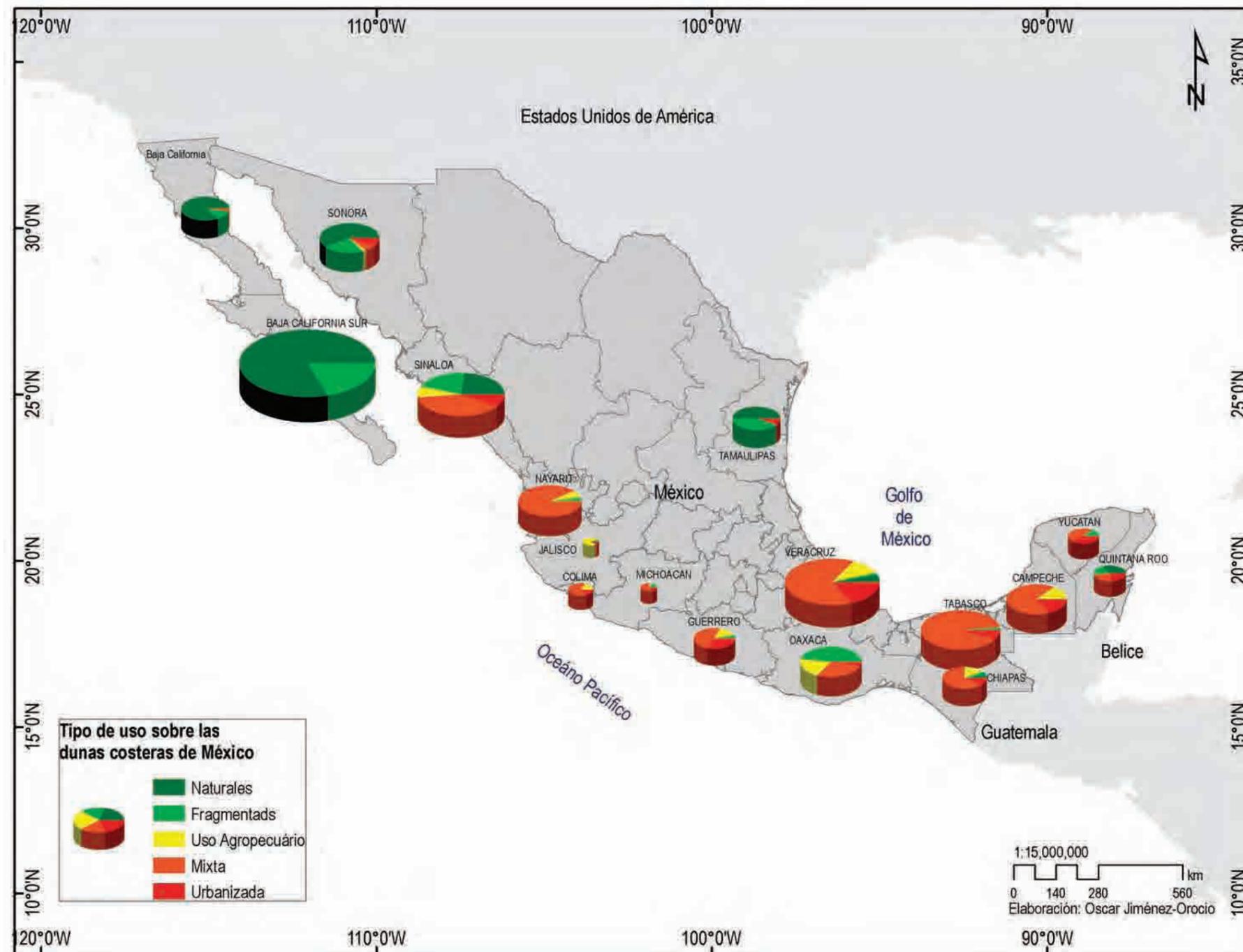
2. **Fragmentadas.** Fragmentación moderada causada por la presencia de carreteras, brechas y accesos a la playa. Las dunas fragmentadas son propicias para establecer planes de restauración o reforestación, ya que son las que todavía pueden regresar a ser dunas con vegetación natural. Se requiere de una estrategia de restauración local para definir el uso de las brechas, por ejemplo pueden ser utilizadas como senderos de interpretación ambiental.
3. **Uso agropecuario.** Actividades agrícolas y pecuarias (ganadería extensiva), además de la presencia de carreteras, brechas y accesos a la playa.
4. **Mixtas.** Presencia de numerosas actividades o infraestructura que modifica la cobertura vegetal como es una combinación de brechas, caminos y carreteras, actividades agropecuarias y asentamientos humanos dispersos. Estas zonas mixtas

generalmente ocupan las planicies de dunas frontales que abundan en Chiapas, Nayarit, Oaxaca, Veracruz y Tabasco, donde hay cordones de dunas paralelas cubiertos de parcelas de cultivo y ganadería entremezclados con varios asentamientos pequeños. En algunos casos, forman parte de las zonas suburbanas de las principales ciudades costeras. Es importante considerar la posibilidad de restaurar o reforestar los remanentes de dunas mixtas, porque el paisaje rural costero es un conjunto de usos donde hay parches de dunas restauradas con vegetación recuperada o reforestada y entremezclada entre campos agropecuarios y pequeños poblados.

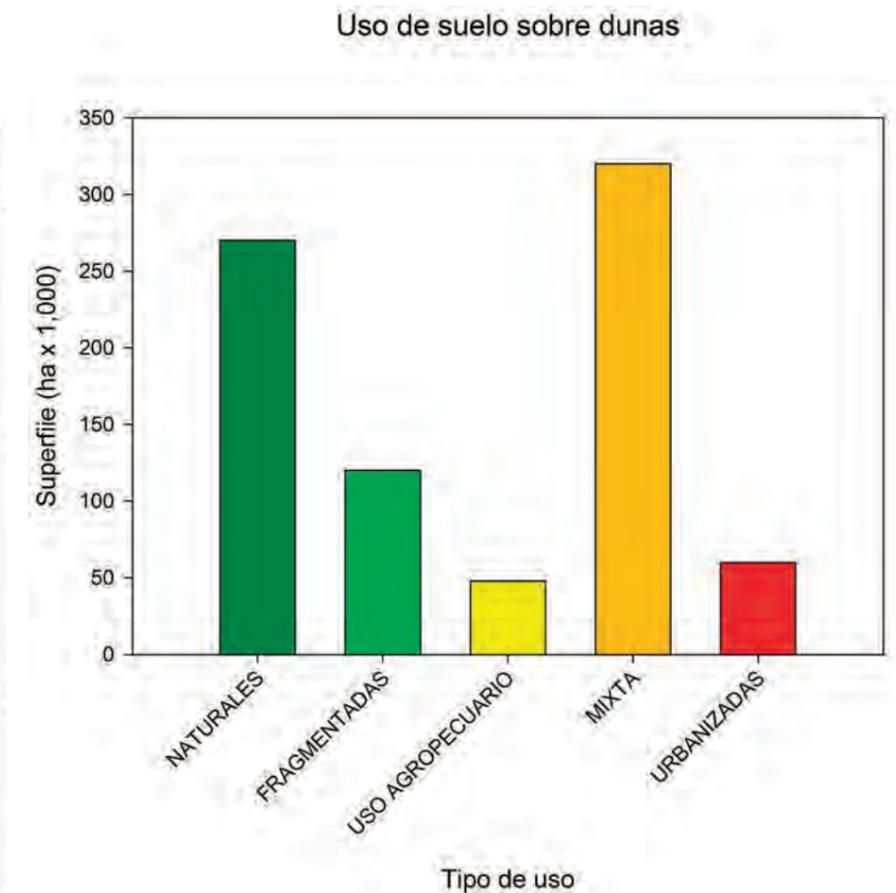
5. **Urbanizadas.** Dunas abatidas y modificadas con asentamientos urbanos en más del 75% de la superficie. En esta clase de dunas, es importante conservar lo que queda de dunas y analizar si es necesario restaurar o reforestar los remanentes. En general los remanentes de dunas que quedan entre las construcciones, son las dunas frontales que junto a las playas, son utilizadas para recreación. En estos casos hay que elaborar estrategias particulares por ciudad, que contemplen planes de restauración y reforestación, pero sobretodo de manejo integrado de la playa para que puedan coincidir actividades de recreación y conservación.

De acuerdo con la clasificación de usos de las dunas se observó que casi la mitad de las dunas costeras mexicanas (48%) mantienen su estado natural o están fragmentadas por caminos (tonos de verdes de la figura 12) y en la otra mitad (46%) su vegetación ha sido sustituida por cultivos o pastizales para ganadería o ha sido totalmente abatida para desarrollos urbanos (amarillo, naranja y rojo de la Figura 12). Es importante hacer notar que todavía la tercera parte (34%) de todas las dunas mexicanas mantienen la vegetación natural o son médanos no fragmentados, ni con agricultura ni urbanizados (verde oscuro de la figura 12) y otra proporción equivalente es mixta (es decir, tiene todos los usos) donde el uso natural podría mantenerse como tal, para no perder los remanentes de dunas naturales. Asimismo, en estas áreas de uso mixto, como vive gente sobre las dunas, podrían plantearse proyectos de restauración/reforestación. Es en las dunas con uso de suelo mixto que se refleja el paisaje costero tradicional mexicano. En estas zonas, si se conservan los remanentes naturales y se restauran y/o reforestan los fragmentados y de mala calidad, se podrán mantener dichos paisajes de la costa mexicana y se evitará que aumente la vulnerabilidad de la población costera.

Las dunas frontales son las más abundantes del país como se vio en el capítulo 3. La mayoría de las dunas frontales estabilizadas del país tienen todos los tipos de usos (ver barra de clase mixta) (figura 13). También hay dunas de este tipo que sólo están fragmentadas por múltiples brechas, caminos y carreteras. Aunque Yucatán no es de los estados con más dunas frontales (ocupa el décimo lugar), es un ejemplo para demostrar la fragmentación de las dunas costeras, ya que casi todo el estado (con excepción de las áreas con laguna y manglar) lo cruza una carretera o un camino costero. Una proporción muy baja de dunas frontales estabilizadas tiene uso agropecuario o está urbanizada;



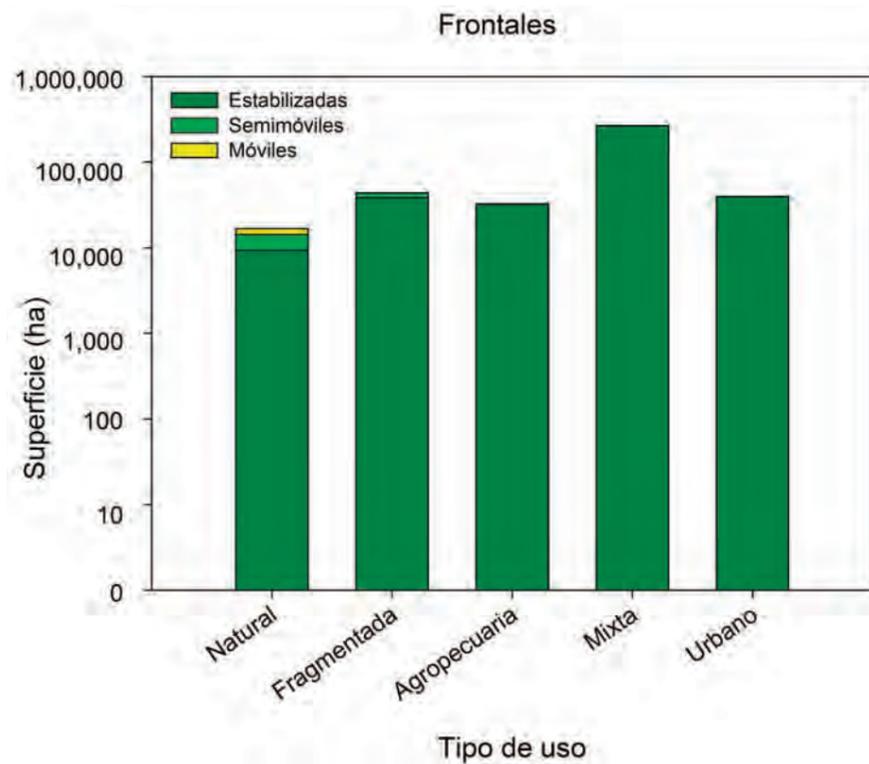
▲ figura 11.
Tipos de usos de dunas de México en cada uno de los estados. Una descripción de las cinco clases de usos puede verse en el texto.



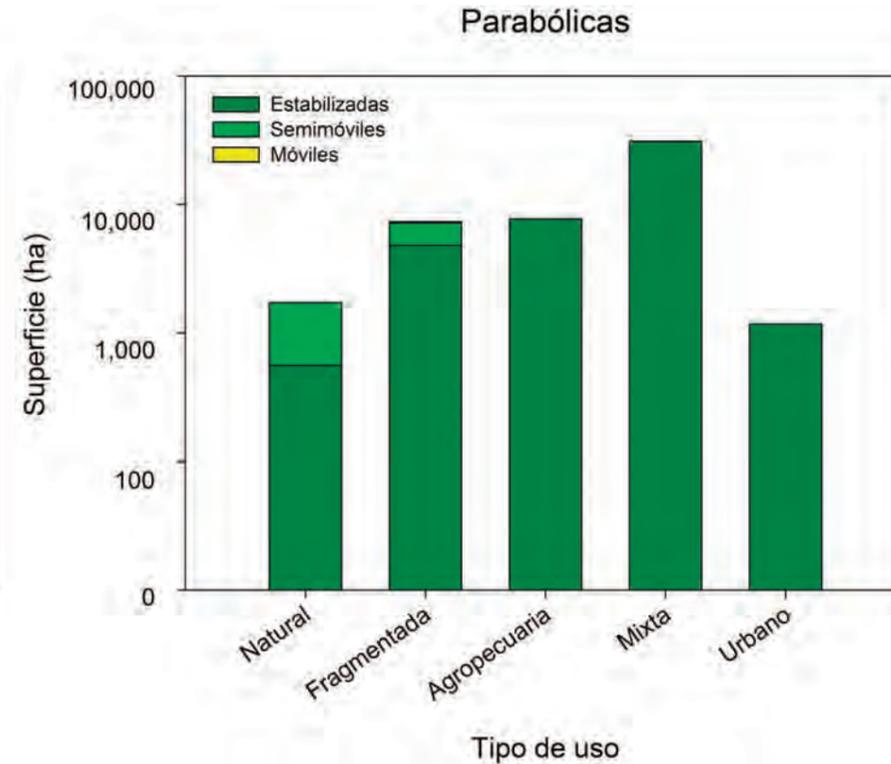
▲ figura 12.
Tipos de uso en las dunas costeras de México.

sin embargo las poblaciones que viven sobre estas dunas, son las que más riesgo de inundación tienen por elevamiento del nivel del mar. Por las características propias del sustrato, la mayoría de las dunas frontales semimóviles (las móviles son tan pocas que no se aprecian en la figura 13) no han sido utilizadas (uso natural) o están fragmentadas. Una proporción muy baja de este tipo de dunas tiene usos mixto o agropecuario.

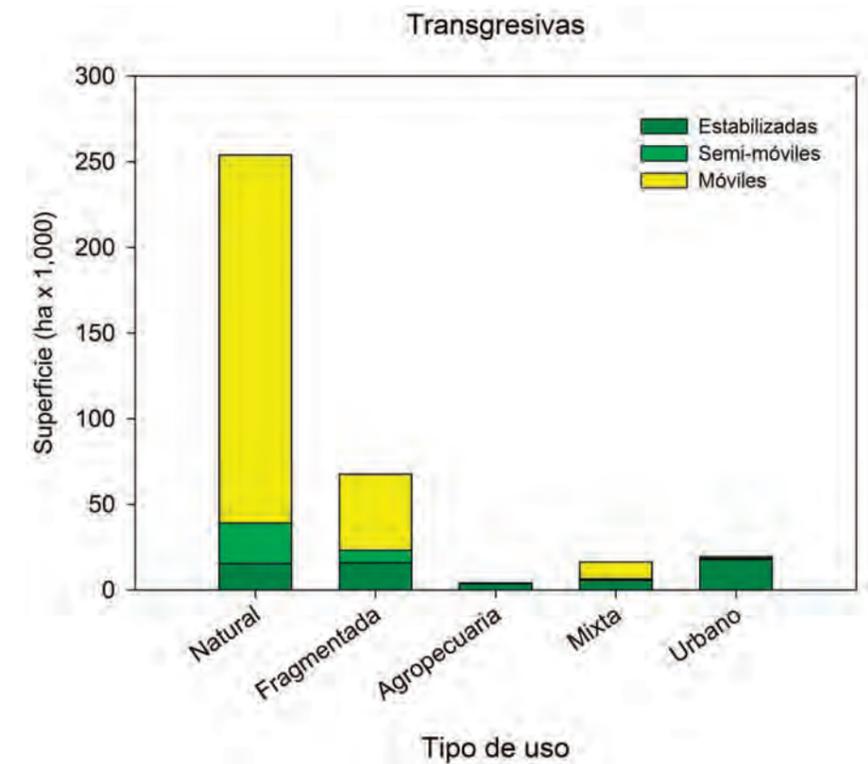
Las dunas parabólicas son escasas, con una distribución muy puntual como se vio en el capítulo 3 y es Veracruz el estado con mayor cantidad de dunas parabólicas. Este tipo de dunas se encuentran en una situación similar a las dunas frontales, la mayoría de las que están estabilizadas, tienen uso mixto; es decir, su vegetación natural ha sido sustituida por usos agropecuario y urbano y están fragmentadas (figura 14). Por las características del sustrato, las dunas parabólicas semimóviles y móviles (por su escasez no se aprecian en la figura 14) permanecen con el uso natural o han sido fragmentadas por caminos y brechas, por lo que sería importante concretar la protección de las primeras y, dependiendo del tipo de camino que las fragmenta, se podrían restaurar las dunas parabólicas semimóviles y móviles fragmentadas.



▲ figura 13. Tipos de usos de las dunas frontales, según su tipo de movilidad.



▲ figura 14. Tipos de usos de dunas parabólicas, según su movilidad.



▲ figura 15. Tipos de usos de las dunas transgresivas, según su movilidad.

La situación de las dunas transgresivas es diferente de los otros dos tipos de dunas (figura 15), su superficie es menor que las frontales pero mayor que las parabólicas, aunque también tienen una distribución restringida (ver capítulo 3). En este caso, la mayor superficie con dunas transgresivas móviles, semimóviles y estabilizadas se encuentran básicamente en Baja California Sur, donde por la aridez y aislamiento se mantienen naturales. Una proporción menor está fragmentada por caminos (muchos son de motos y vehículos de todo terreno) y algunas pocas carreteras que las cruzan. Las dunas transgresivas con todos los grados de estabilización son las que menos han sido sustituidas por campos agropecuarios. Los Huaves de Oaxaca son el único grupo indígena que usa las dunas en un sistema agrícola tradicional, con un manejo extraordinario de las dunas transgresivas (Zizumbo-Villarreal y Colunga-GarcíaMarín, 1982). Asimismo, una proporción menor de este tipo de dunas estabilizadas han sido urbanizadas básicamente extrayendo la arena y aplanando el terreno. En la figura 2 se resalta la necesidad de enfatizar la restauración y/o reforestación de las pocas pero importantes dunas transgresivas con usos agropecuario y urbano y fragmentadas (clase mixta) del país.

Para definir una estrategia de restauración y/o de reforestación a nivel nacional, es importante considerar el uso actual y la calidad de las dunas costeras

del país. Asimismo, es importante relacionar esta información con la población actual y las tendencias de crecimiento de las ciudades.

En primer lugar es necesario considerar la distribución actual de los tipos de usos de dunas del país (que se muestra en el mapa de la figura 11 de este capítulo) donde se muestran áreas de dunas donde prevalece el uso natural y por ende es urgente promover la conservación de las dunas que aún quedan. Asimismo, hay una proporción importante de todos los tipos de dunas y grados de estabilización que están fragmentadas. Si son carreteras y caminos de acceso, poco se puede hacer, pero si con brechas causadas por vehículos recreativos, valdría la pena hacer planes de manejo locales que los concentren en pistas particulares y se restauren/reforesten las dunas que esta actividad fragmentó.

En segundo lugar se observa que la mayor parte de las dunas del país tiene un uso mixto, es decir, hay agricultura, ganadería, numerosos poblados pequeños y miles de kilómetros de brechas, caminos y carreteras que las atraviesan. En las dunas con uso mixto, se pueden mantener los usos recreativos activos y pasivos que fueron mencionados al principio del capítulo, como el sandsurf, las motos, las caminatas, la contemplación, si éstos son repartidos con equidad y bajo un estricto plan de manejo en el cual se busque minimizar los conflictos, restaurar los daños y beneficiar a la población local mediante

compensaciones, ya que se debe tener en mente que el deterioro de las dunas incrementa su vulnerabilidad. Estas dunas con uso mixto, como se dijo anteriormente, son las que representan el paisaje costero nacional, que es especialmente diverso.

En resumen, la mayor parte de las dunas del país son frontales y transgresivas. Las frontales están más uniformemente repartidas ya que todos los estados costeros tienen dunas frontales. La mayoría de estas dunas están fragmentadas, por lo que se sugiere que sean la prioridad nacional de restauración y/o de reforestación, según las necesidades particulares de cada localidad. Las dunas frontales además ofrecen el servicio ambiental más importante ante escenarios de cambio climático con elevación del nivel del mar, que es el de la protección de los pobladores y de la infraestructura costera, que es su patrimonio económico. Asimismo, la diversidad de especies de plantas de playas en las dunas frontales no es tan grande como la de dunas tierra adentro, que incluye decenas de herbáceas y en algunas regiones de arbustos. No se conocen los requisitos de germinación, establecimiento y sobrevivencia de la mayoría de las especies pero se debe promover su investigación en un corto plazo ya que son hierbas y arbustos de rápido crecimiento. Con esto se resaltaría el uso de investigación y educación que se sugiere en el capítulo como un uso prioritario.

Las dunas transgresivas están menos uniformemente repartidas en las costas de México, de hecho son sólo siete estados en que tienen el problema de estar cubiertas por agricultura y ganadería. El estado que tiene más dunas de este tipo es Baja California Sur, donde no son dunas estabilizadas (como es el caso de Guerrero Negro) y por lo tanto no han sido, ni podrán ser cultivadas.

Las dunas parabólicas son casi exclusivas de Veracruz y es urgente proteger las que todavía están en estado natural. La presión poblacional sobre las dunas de este estado es la más alta del país, por lo que es importante fijar prioridades de conservación y restauración/reforestación en este estado, que además es el que cuenta con mayor información sobre la flora y ecología de sus dunas costeras.

Causa preocupación el uso minero que se propone en dunas transgresivas y parabólicas, porque son las que poseen mayores volúmenes de arena. A la fecha, el uso minero no se detecta directamente en el análisis realizado, pero en el futuro existe la posibilidad de que aparezca, en la escala utilizada, como un nuevo uso. Por ahora, las dunas fragmentadas, en algunos sitios indican que hay caminos y brechas para el acceso a la arena (por ejemplo, El Socorro, Baja California). Sin embargo, no es una constante en la costa nacional, ya que los proyectos mineros todavía son muy puntuales y heterogéneos a nivel de país. Cuando el uso minero prevalezca, los proyectos de restauración/reforestación serán prioritarios, por lo que es importante apoyar las investigaciones sobre necesidades de germinación y establecimiento de especies de dunas costeras en todo el país.

México es un país considerado megadiverso por el gran número de especies de plantas y animales que lo habitan, así como por el alto número de ecosistemas que alberga (www.conabio.gob.mx). En este capítulo puede apreciarse también la riqueza geomorfológica del ecosistema de dunas costeras, y cómo su distribución a lo largo de costas con distinto clima, dirección e intensidad de los vientos, historia geológica y aporte de sedimentos, ha creado y mantenido distintos tipos de sistemas que han beneficiado a los pobladores locales. Sin embargo, en este momento, ante la vulnerabilidad a los efectos del cambio climático, se requiere revalorar la función protectora de las dunas y garantizar su conservación.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Molina, L.L., Martínez, M.L., Pérez-Maqueo, O., Gallego-Fernández, J.B., Flores, P. 2012. Richness, diversity and rate of primary succession over 20 yr in tropical coastal dunes. *Plant Ecology* 213: 1597-1608.
- Amador, E. y Moreno-Casasola, P. 2006. Turismo alternativo en los municipios costeros: en búsqueda de un desarrollo sustentable. En: Moreno-Casasola, P., Peresbarbosa, E. y Travieso-Bello, A.C. (eds). Estrategias para el manejo integral de la zona costera: un enfoque municipal. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, (SEMARNAT)- Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Ver., México. Vol. III: 971-988.
- Brown, A.C., y MacLachlan, A. 2002. Sandy shore ecosystems and the threats facing them: some predictions for the year 2025. *Environmental Conservation* 29: 62-77.
- Butler, R. 1980. The concept of a tourist area cycle of evolution: implications for management of resources. *Canadian Geographer* 24(1): 5-12.
- Carter, R.W.G. 1991. *Coastal Environments*, Academic Press, Great Britain.
- Cervantes, O., Espejel, I., Arrellano, E. y Delhumeau, S. 2008. Users' perception as a tool to improve beach planning and management. *Environmental Management* 42: 249-264.
- Cowles, H.C. 1898. The ecological relations of the vegetation on the sand dunes of Lake Michigan. *Botanical Gazette* 27: 97-117.
- Daily, G.C. 1997. Introduction: What are ecosystem services? In: Daily, G.C. (ed) *Nature's services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*. Island Press, Washington, D.C. USA. pp. 1-10.
- Daily, G.C. Alexander, S., Ehrlich, P.R., Goulder, R., Lubchenco, J., Matson, P.A., Mooney, H.A., Postel, S., Schneider, S.H., Tilman, D., y Woodwell, G. 1997. Ecosystem services: benefits supplied to human societies by natural ecosystems. En: *Issues in Ecology 2*. Ecological Society of America.
- de la Vega, T. 2011. Propuesta de interpretación ambiental para el ecosistema de dunas costeras: el caso de Punta Banda, Ensenada. Tesis de maestría en manejo de Ecosistema de Zonas Áridas. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Baja California.
- Espejel, I. 1984. La vegetación de las dunas costeras de la Península de Yucatán. I. Análisis florístico del estado de Yucatán. *Biótica* 9(2): 183-210
- Espejel, I. 1986. La vegetación de las Dunas Costeras de la Península de Yucatán II. *Sian Ka'an. Biótica* 11(1): 7-24
- Espejel, I., Espinoza-Tenorio, A., Cervantes, O., Popoca, I., Mejía, A. y Delhumeau, S. 2007. Proposal for an integrated risk index for the planning of recreational beaches: use at seven Mexican arid sites. *Journal of Coastal Research*. 50. Proceedings. International Coastal Symposium. Queensland Australia. Si 50: 47-51.
- González-Marín, R.M., Moreno-Casasola, P., Orellana, R., y Castillo, A. 2012. Palm use and social values in rural communities on the coastal plains of Veracruz, Mexico. *Environment, Development and Sustainability* 14 (4): 541-555.
- Maun, M.A. 1994. Adaptations enhancing survival and establishment of seedlings on coastal dune systems. *Vegetatio* 11: 59-70.
- MEA (Millennium Ecosystem Assessment). 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington, DC: World Resources Institute.
- Moreno-Casasola, P. 2010. Veracruz: mar de arena. Comisión del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana. Gobierno del estado de Veracruz, Xalapa, Ver. 300pp.
- Moreno-Casasola, P., Martínez, M.L. y Castillo-Campos, G. 2008. Designing Ecosystems in degraded tropical sand dunes. *Ecoscience* 15(1): 44-52.
- Moreno-Casasola, P., Martínez, M.L., Castillo-Campos, G. and Campos, A. 2013. The impacts on natural vegetation following the establishment of exotic *Casuarina* plantations En: Martínez, M.L., Gallego-Fernández, J.B. and Hesp, P.A. (eds) *Coastal dune restoration*. Springer Verlag Capítulo 14, 217-233.
- Nordstrom, K.F. 2008. *Beach and dune restoration*. Cambridge University Press, Cambridge UK, 187 pp.
- OMT (Organización Mundial de Turismo). 2012. *Panorama OMT del turismo internacional*. OMT.
- Propin-Frejomil E., y Sánchez Crispín, A. 2007. Tipología de los destinos turísticos preferenciales en México. *Cuadernos de Turismo* 19: 147-166.
- Rodríguez-Revelo, N., Randón-Márquez, G., Espejel, I., Jiménez-Orocio, O. Martínez, M.L. Análisis de proveniencia de las arenas del complejo de dunas parabólicas El Socorro, Baja California, México, mediante una caracterización mineralógica y granulométrica. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana* (en prensa).
- Secretaría de Turismo 2000. *Estudio de Gran Visión del Turismo en México: Perspectiva 2020*. Cd. de México, 174pp.
- Secretaría de Turismo, 2013 www.sectur.gob.mx
- Seingier, G., Espejel, I. y Fermán Almada, J.L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación Ambiental* 1(1): 54-69.
- Silva-Casarín, R., Ruiz Martínez, G., Mariño-Tapia, I., Posada Vane-gas, G., Mendoza Baldwin, E. y Escalante Mancera, E. 2012. Manmade Vulnerability of the Cancun Beach System: The Case of Hurricane Wilma. *CLEAN – Soil, Air, Water* 40(9): 911-919.
- Torres, 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.
- Travieso-Bello, A.C., Gómez, R., Moreno-Casasola, P. 2006. Los cultivos, los pastizales y los acahuales. En: Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa: 261-272.
- UNCED (United Nations Conference on Environment and Development) 1992. *Protection of oceans, all kinds of seas, including enclosed and semi-enclosed seas, and coastal areas and the protection, rational use and development of their living resources*. Capítulo 17, Agenda 21.
- van der Maarel, E. 1993. *Dry coastal ecosystems: polar regions and Europe*. Elsevier Science Publishers. The Netherlands.
- Wojtarowski Leal, A. 2011. *Concepción y relación de la población adulta de Barra de Chachalacas, Veracruz, con su entorno natural: una aproximación etnoecológica*. Tesis de Maestría. Colegio de Veracruz. Xalapa, Ver., México.
- Zizumbo-Villarreal, D. y Colunga-García Marín, P. 1982. *Los huaves: apropiación de los recursos naturales*. Universidad Autónoma de Chapingo. 227 pp.
- Zuleta, M.C. 2004. *Hacienda pública y exportación henequenera en Yucatán 1880-1910*. Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.