

Veracruz de Ignacio de la Llave

El clima costero

Sistema hidrográfico

Los paisajes de las playas y dunas

Tipos de dunas y extensión

Tipo de arena

Flora

Estado de conservación de las dunas costeras

Los espacios protegidos y de importancia biológica

Problemática y diagnóstico

Usos del suelo • Geomorfología, biodiversidad y vegetación • Agricultura y ganadería

Desarrollos turísticos y urbanos • Industria e infraestructura costera • Erosión

• Vulnerabilidad ante el cambio climático

Recomendaciones y planes de manejo

Foto: Gerardo Sánchez Vigil



Foto: Gerardo Sánchez Vigil

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

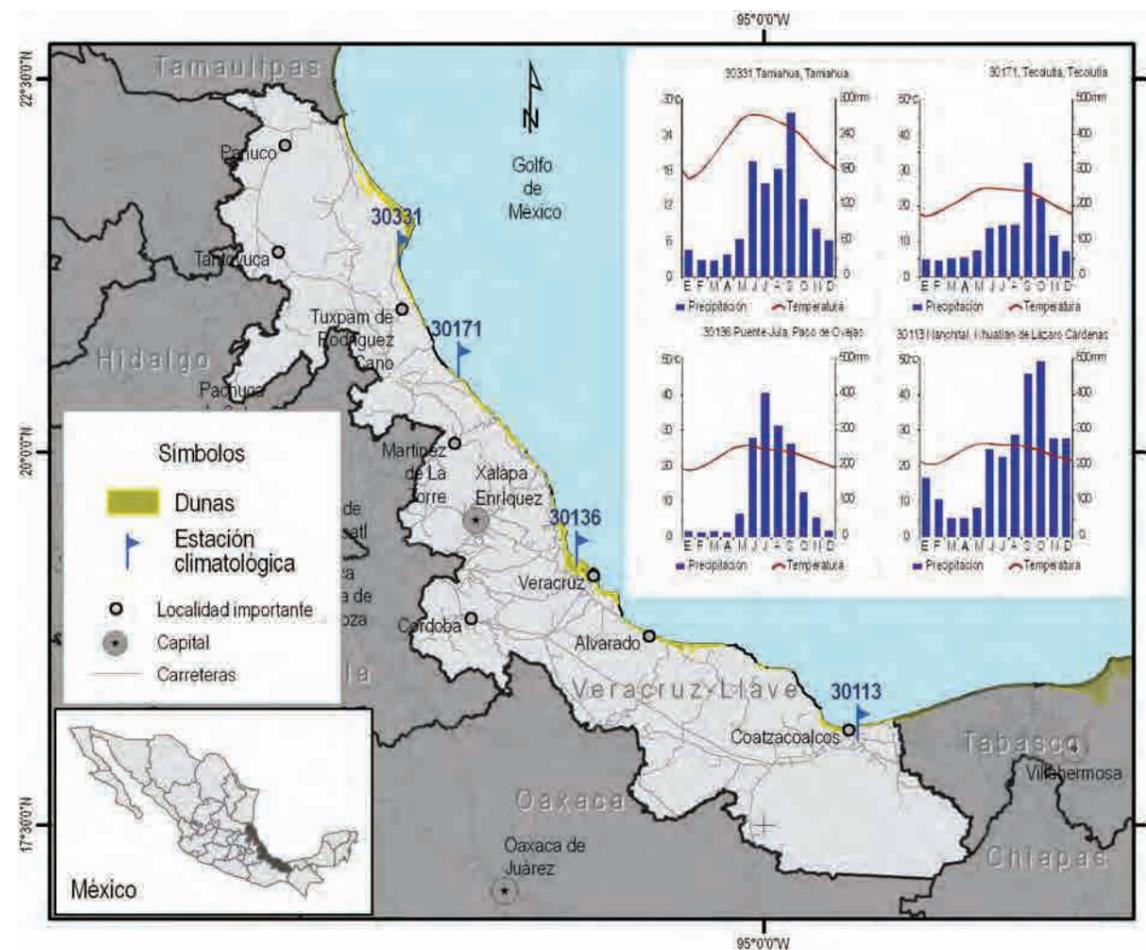
El estado de Veracruz se ubica en la región central del Golfo de México y colinda al norte con Tamaulipas y al sureste con Tabasco. Es conocido por sus playas, las cuales reciben una importante cantidad de turistas, sobre todo nacionales (ver capítulo B). Su capital es Xalapa, pero la ciudad de mayor relevancia económica es el Puerto de Veracruz, uno de los puertos comerciales más grandes del Golfo de México. Veracruz es uno de los estados con más pérdida de vegetación costera del país por la gran cantidad de ciudades y poblados costeros, así como la ganadería y agricultura (Seingier et al., 2009; 2011).

La costa de Veracruz se extiende a lo largo de 745 km. Es uno de los estados con mayores sistemas de dunas costeras, en todos los sentidos: extensión, penetración tierra adentro y altura. Por ejemplo los sistemas de dunas de Alvarado alcanzan los 130 m de altura y penetran formando lenguas arenosas hasta cerca de 10 km tierra adentro. A lo largo del litoral predominan las costas arenosas y solamente el 8% corresponde a costas rocosas. Tiene tres tipos de dunas: frontales, parabólicas y transgresivas, las que en conjunto suman casi 106,600 ha.

El clima costero

El clima de la costa de Veracruz es de dos tipos: cálido sub-húmedo y cálido-húmedo. El primero se presenta en el norte y sur del estado y en el centro, hay una zona más seca donde el clima se vuelve cálido sub-húmedo (figura 1). La temperatura media anual oscila entre los 20 y los 26°C. Las temperaturas medias mensuales más cálidas fluctúan entre los 23.0 °C y 27.9°C registradas en los meses de marzo a noviembre. La temperatura máxima registrada sobre la línea costera oscila entre los 38.0 °C a 48.0. Las temperaturas mínimas fluctúan en el rango de 0 a 9.5 °C. La precipitación total anual varía entre 1,000 y 1,500 mm. En el estado la mayoría de las lluvias se presenta en el verano, con un porcentaje de lluvia invernal mayor del 5%, debido a la influencia de los nortes que aportan humedad. La distribución de la lluvia a lo largo del año varía. En la zona central la estación de secas es más clara. La humedad se incrementa en la porción meridional en el flanco costero de barlovento de la Sierra de los Tuxtlas donde alcanza valores mayores a los 3,000 mm.

Las tormentas tropicales y los huracanes tienen un impacto moderado en Veracruz, ya que en 50 años, seis tormentas tropicales y cinco huracanes han hecho tierra directamente en las costas de este estado (ver capítulo 4). Sin embargo, dos de los diez huracanes más fuertes que han golpeado tierras mexicanas en los últimos 50 años (Gilberto en 1988 y Dean en 2007) entraron por Veracruz, generando pérdida de vidas humanas así como cuantiosos daños económicos. Por esto, las dunas son muy importantes en este estado ya que ofrecen el servicio de proteger a las personas y la infraestructura costera de los embates de estos eventos climáticos.



▲ figura 1. Climogramas que muestran la precipitación y su distribución, así como las temperaturas que se encuentran a lo largo de la planicie costera de Veracruz. Se observa una elevada precipitación en el verano y otoño.

Sistema hidrográfico

Este estado capta un 13% de la precipitación y sus ríos canalizan un 24% del escurrimiento pluvial anual de México (Manson, 2004). La línea costera arenosa se interrumpe por las bocananas de las lagunas, muchas de ellas con barra temporal. Las de mayor tamaño son Tamiagua, Pueblo Viejo y el complejo de lagunas de Alvarado.

Los ríos son muy importantes para las dunas costeras porque son los que proporcionan los sedimentos que alimentan a los sistemas de playas y dunas costeras. El estado de Veracruz tiene numerosos ríos, algunos de gran caudal y cuyos sedimentos han formado los grandes sistemas de dunas del estado. Sus dos fronteras están limitadas por ríos, el Pánuco con Tamaulipas y el Río Tonalá con Tabasco. Son muchas las corrientes de agua que cruzan el territorio Veracruzano: Tuxpan, Tumulco, Cazones, Tecolutla, Nautla, Actopan, La Antigua, Jamapa, Blanco, Papaloapan y Coatzacoalcos. Hay varias presas que reducen el aporte de sedimentos a la costa y que coadyuvan de manera indirecta a la erosión de las playas. Son las presas de Chicayán (en el Río Chicayán), El Encan-

to (Río Tomata), Evaristo Molina (A. de Miradores), Tuxpango (Río Blanco), Miguel Alemán (Río Tonto), Miguel de la Madrid (Río Santo Domingo), La Cangrejera (A. de Teapa). Por ello, el aporte de sedimentos hacia las playas ha disminuido conforme se ha desarrollado el estado, pues son detenidos en la gran cantidad de presas que se han construido. Como consecuencia, las playas no logran recuperar su dimensión después de los eventos de erosión, presentando algunas playas pérdida de sedimentos y afectación de infraestructura turística.

Los paisajes de las playas y dunas

El estado de Veracruz pertenece a dos regiones. La primera se denomina Costa Centro Oriental y abarca prácticamente todo el estado y se caracteriza por costas bajas, arenosas y acumulativas, y constituyen el 90% de la costa. La región Costa Centro Sur, abarca la Laguna del Ostión y la zona de Coatzacoalcos, hasta el límite del estado con Tabasco y corresponde a una zona con deltas importantes. A lo largo del litoral predominan las costas arenosas y solamente el 8% corresponde a costas rocosas (con un acantilado de carácter sedimentario formando una terraza tectónica-abrasiva

ubicado entre la boca del río Cazones y el Estero Azul, y acantilados rocosos entre Laguna Verde y La Mancha y en la zona de Los Tuxtlas) (Ortiz-Pérez y de la Lanza Espino, 2006).

En la parte norte del estado la costa consiste en una amplia isla de barrera que encierra a la Laguna de Tamiagua. Se forma por los sedimentos acarreados por las corrientes costeras provenientes del norte y por las arenas que llegan al propio estuario del río Pánuco. Este proceso se ha venido desarrollando desde hace mucho tiempo, pues hay evidencias de que las islas interiores de la Laguna de Tamiagua formaron con anterioridad una barrera más antigua (Ortiz-Pérez y de la Lanza Espino, 2006). Hacia el sur de Tamiagua se extienden las costas acumulativas de playas bajas arenosas con exposición abierta al mar, cuyo frente corresponde a la margen expuesta de las islas barrera, a la cual se encadenan las playas altas, los campos de dunas y cordones de playas antiguos, todos separados del continente actualmente por hondonadas inundadas con agua dulce, por marismas y esteros estrechos paralelos a la línea de costa (Ortiz-Pérez y de la Lanza Espino, 2006; Moreno-Casasola, 2006). En la zona central se forman playas y campos de dunas bajos, con cordones paralelos a la playa que se extienden por algunos kilómetros tierra adentro. Al parecer los aportes del río Tecolutla constituyen la principal fuente de sedimentos.



▲ a)



▲ b)



▲ c)



▲ d)

◀ **figura 2.**

Veracruz es un estado con una gran diversidad de dunas y de paisajes asociados. **a)** Dunas y humedales interdunarios de Tamiahua; **b)** Los grandes sistemas de dunas móviles son una de las características de la zona central y sur del estado. La imagen corresponde a la zona central de San Isidro; **c)** Los grandes sistemas de dunas estabilizados también son una de las características de la zona central y sur del estado de Veracruz. La imagen corresponde al extenso sistema de dunas de Alvarado; **d)** En la zona norte del estado las dunas son cordones bajos de dunas paralelas, la gran mayoría transformados en potreros ganaderos. El manto freático está muy cercano por lo que es fácil tener abrevaderos, aunque en época de lluvias muchos de los terrenos se anegan. La imagen corresponde a la región de Vega de Alatorre. (Fotos: Gerardo Sánchez Vigil)

Entre el estuario del río Cazones y el de Nautla dominan las playas bajas, que reflejan el azolve que ha colmatado los lechos de ambientes lacustres costeros antiguos, de forma tal que la costa de barrera se ha adosado a la margen continental y sólo se encuentra separada por un estero paralelo a la costa, asociada con las planicies de inundación (Ortiz-Pérez y de la Lanza Espino, 2006). Desde el municipio de Alto Lucero hasta la Laguna Camaronera y Alvarado (con la excepción de la zona entre El Bayo y Paso Salinas, al sur de Antón Lizardo), se extienden costas bajas arenosas con campos muy extensos de dunas, en los que generalmente la zona o porción frontal que da al mar es activa, mientras que la parte posterior se encuentra estabilizada con pastizales y/o selvas. La porción de costa de Alvarado y la de la costa de Coatzacoalcos comprende los dos principales sistemas deltaicos y estuarinos de Veracruz, representando una fuente importante de sedimentos y nutrientes al mar (Ortiz-Pérez y de la Lanza Espino, 2006; Moreno-Casasola, 2010).

Un litoral tan extenso como el de Veracruz da lugar a una variedad importante de sistemas costeros, que se reflejan en la topografía, microambientes que se forman y especies que aparecen en cada zona, y que imprimen a los paisajes características particulares (López-Portillo et al., 2011). En la figura 2 aparecen vistas de los distintos paisajes de dunas costeras que se presentan en el estado.

En las islas también hay playas arenosas y aunque no se llegan a formar dunas propiamente, hay planicies arenosas en las que habitan las especies de dunas costeras. El Sistema Arrecifal Veracruzano incluye numerosos arrecifes que dan origen a la arena calcárea que forma los bajos, cayos e islas. Entre las principales islas están Isla de Sacrificios, Isla Verde, Isla de Enmedio y La Blanquilla. En el Sistema Arrecifal de Tuxpan, se ubica Isla Lobos. En la Laguna de Tamiahua también se localizan varias islas que presen-

▼ **Cuadro 1.**
Superficie que ocupa cada una de las categorías del estado de conservación de los distintos tipos de dunas del estado de Veracruz.

Tipo de duna	Movilidad	Estado de conservación (ha)					Total estatal
		Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
Duna frontal	Estabilizada		70	2,868	30,940	1,777	35,656
	Semi-móvil		41				41
	Móvil		30				30
TOTAL duna frontal			141	2,868	30,940	1,777	35,727
Parabólica	Estabilizada	473		7,262	30,925	524	39,184
	Semi-móvil		63				63
TOTAL parabólica		473	63	7,262	30,925	524	39,246
Transgresivas	Estabilizada		541	757	2,690	14,556	18,544
	Semi-móvil	24	95				119
	Móvil	3,189	602		9,164		12,955
TOTAL transgresivas		3,213	1,238	757	11,854	14,556	31,619
TOTAL ESTATAL		3,686	1,442	10,888	73,719	16,857	106,592

tan manglares y vegetación de playas y dunas, como en la Isla Ídolos, Isla Juana Ramírez, Isla del Toro, entre otras.

Tipos de dunas y extensión

Las dunas costeras de Veracruz suman un total de 106,592 ha, y éstas son extensas y de diferentes formas: frontales, parabólicas y transgresivas. Veracruz es el segundo estado con la mayor extensión de dunas costeras en México. Así mismo, ocupa el primer lugar en cuanto a extensión de dunas parabólicas, el tercero en extensión de dunas transgresivas y el sexto en extensión de dunas frontales. El porcentaje de superficie que cubren estos tres tipos de dunas es similar: las dunas frontales cubren un 33% de la superficie, las parabólicas el 37% y las transgresivas el 30% (Cuadro 1). Entre las dos primeras predominan las estabilizadas, mientras que entre las transgresivas el 59% se encuentran estabilizadas, el 2% están semimóviles y el 41% móviles.

Vale la pena mencionar que el sistema de dunas de Alvarado recorre 57 km a todo lo largo de la línea costera, desde las poblaciones de Arbolillo en el municipio de Alvarado, hasta Progreso Majahual en el municipio de Ángel R. Cabada. Comúnmente este sistema de dunas tiene un ancho de 2 km, sin embargo frente a la población de Angel R. Cabada la entrada de arena es de casi 10 km. La mayor altitud registrada en este sistema de dunas es de 130 msnm y se encuentra en el lado sur de la boca de la laguna de Alvarado donde desemboca el Río Papaloapan, y constituye una protección invaluable ante la elevación del nivel del mar y la intrusión salina, para la región de la zona baja del Papaloapan. Las dunas parabólicas de la región central del estado son de las más grandes de todo el país y las transgresivas son las segundas más grandes, superadas solamente por las de Sonora y las de Baja California Sur.

Las dunas frontales se ubican en varios municipios como son Agua Dulce, Alto Lucero, Alvarado, Catemaco, Cazonas, Nautla, Ozuluama, Tamiahua, Tecolutla, Tuxpan, Úrsulo Galván, Vega de Alatorre y Veracruz. Las dunas parabólicas están localizadas en los municipios de Actopan, Alvarado, Angel R. Rabada, La Antigua, Lerdo de Tejada, Pueblo Viejo, San Andrés Tuxtla, Tamiahua, Tampico Alto y Úrsulo Galván. Por último, las dunas transgresivas ocurren en los municipios de Actopan, Agua Dulce, Alto Lucero, Alvarado, Angel R. Cabada, Boca del Río, Catemaco, Coatzacoalcos, La Antigua, Mecayapan, Pajapan, Tampico Alto, Úrsulo Galván, Vega de Alatorre y Veracruz. La mayoría de las dunas frontales y las dunas parabólicas se encuentran total o parcialmente cubiertas por vegetación, lo que las convierte en dunas estabilizadas o semimóviles respectivamente. En contraste, cerca de la mitad de las dunas transgresivas de este estado tienen escasa o nula vegetación y son altamente móviles. Estas dunas se localizan principalmente en la región central de Veracruz y deben mantenerse con esa movilidad para su buen funcionamiento.

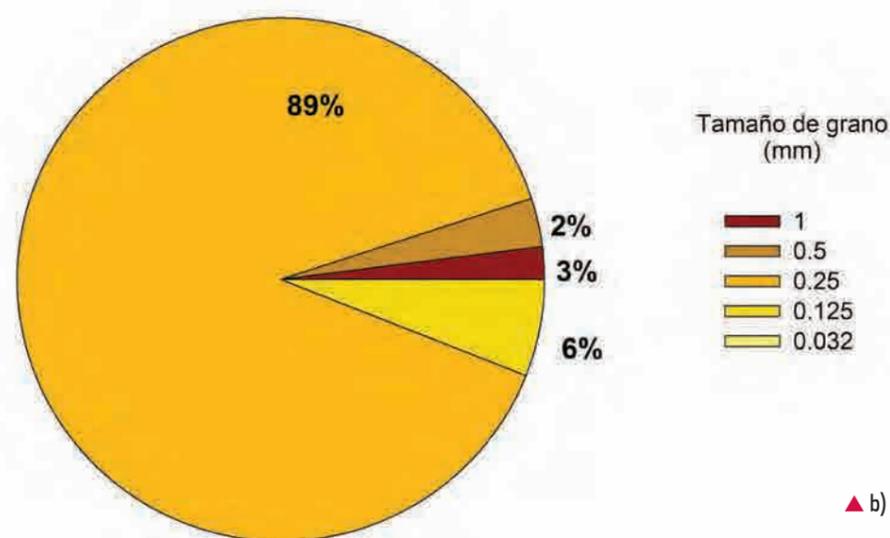
Tipo de arena

La arena del estado de Veracruz es de diferentes características y tamaños que van desde las finas hasta las de grano grueso a medio (figura 3). Esta variación está en función de la ubicación geográfica de cada una de las zonas y del aporte cercano de sedimento de cada localidad. La arena de las dunas de Alvarado, por ejemplo, es de grano medio a



▲ a)

Porcentaje por tamaño de grano



▲ b)

▲ figura 3.
a) Imagen de la arena de las dunas de Veracruz procedente de las dunas de Alvarado;
b) La gráfica indica que predominan las arenas de 0.25 mm de tamaño, con un ligero porcentaje de arenas más gruesas.
(Foto: G. Rendón-Márquez y N. Rodríguez-Revelo).

fino, con abundante presencia de cuarzos y granos muy subangulosos. Presenta abundantes minerales densos que le dan una coloración oscura a la arena. Muestra muy poca cantidad de feldspatos y algunos cuarzos oxidados. Se encuentra clasificada como arena fina con tamaños de granos que van desde los 0.05 a los 2.0 mm. Este tipo de arena se clasifica como bien seleccionada, lo que indica que el tamaño del grano es homogéneo. Esto frecuentemente indica que la arena ha sido transportada por el viento una distancia considerable, por lo que los granos se han ido erosionando y homogeneizando su tamaño. En contraste, las arenas de Isla Sacrificios, originadas en su mayor parte a partir del sistema arrecifal y de los organismos que ahí viven, presentan grano grueso a medio, con abundantes restos de conchas marinas, lo que le da una coloración blanca; este tipo de arenas se caracterizan por presentar menores cantidades de cuarzos y fragmentos líticos. Se encuentra clasificada como grava de fina a gruesa con tamaños de granos que van desde los 3.0 a los 5.0 mm. Este tipo de arena se clasifica como moderadamente bien seleccionada y no presenta limos y arcillas ni materia orgánica.

Flora

En esta sección se enlistan algunas de las especies de plantas de los distintos microambientes de las playas y dunas. La información proviene de Moreno-Casasola et al. (1982), Moreno-Casasola y Espejel (1986), Castillo y Moreno-Casasola (1998), Moreno-Casasola (1999), Castillo-Campos y Medina-Abreu (2002), Castillo-Campos y Travieso-Bello (2006), Moreno-Casasola (2006), Moreno-Casasola y Vázquez (2006), Moreno-Casasola (2010), Moreno-Casasola et al. (2011) y Espejel et al. (2013). La figura 4 muestra fotografías de algunas especies representativas.

Las principales especies de las playas, dunas embrionarias y el cordón frontal del sistema de dunas son: *Sesuvium portulacastrum*, *Ipomoea pes-caprae*, *Ipomoea imperati*, *Sporobolus virginicus*, *Canavalia rosea*, *Palafoxia lindenii*, *Croton punctatus*, *Solidago sempervirens*, *Chamaecrista chamaecristoides*. En el norte del estado también se pueden encontrar, además de las especies antes mencionadas, *Sporobolus indicus*, *Ambrosia cumanensis*, *Paspalum conjugatum*, *Coccoloba uvifera* y *Passiflora ciliata*. En las barras arenosas de Tamiahua se han registrado *Uniola paniculata*, *Sporobolus virginicus*, *Comelina diffusa*, *Palafoxia texana*, *Oenothera drummondii*, *Caesalpinia bonduc*, *Chrysobalanus icaco*, *Dalbergia ecastaphyllum*, *Randia aculeata*. Es importante mencionar que *Okenia hypogaea* y *Cakile* sp. eran frecuentes en las playas hace 20 años, pero ahora han desaparecido o son muy raras.

Varias de las especies mencionadas forman dunas embrionarias y el primer cordón de dunas (la duna frontal). Particularmente la gramínea *Uniola paniculata* es una estabilizadora importante en el norte de Veracruz, ya que ese es el límite de su distribución. En la zona central y sur de Veracruz, las principales son *Ipomoea*



▲ a)



▲ b)



▲ c)



▲ d)

◀ ▲ figura 4.

Flora de playas y dunas costeras del norte del estado de Veracruz. a) En las playas del norte del estado es frecuente encontrar *Palafoxia texana*; b) Una de las especies más importantes para estabilizar las dunas, por su capacidad para crecer bajo condiciones de acumulación de arena es la leguminosa *Chamaecrista chamaecristoides*; c) Todavía se pueden encontrar algunos fragmentos aislados de bosques y selvas sobre dunas costeras. La imagen muestra un bosque de encinos tropicales, *Quercus oleoides*; d) En los bosques y selvas que se desarrollan sobre dunas costeras las lianas con un elemento frecuente. (Fotos: Gerardo Sánchez Vigil.)

pes-caprae, *Ipomoea imperati*, *Canavalia rosea*, *Palafoxia lindenii*, *Croton punctatus* y *Chamaecrista chamaecristoides*. Las tres primeras son herbáceas rastreras, con ramas que llegan a alcanzar los 30 metros y soportan el enterramiento para volver a emerger. Las tres últimas son arbustos bajos que también toleran el enterramiento, es más crecen mejor cuando son enterradas (Martínez y Moreno-Casasola, 1996). Particularmente *Palafoxia lindenii* y *Chamaecrista chamaecristoides* son especies de dunas costeras endémicas de México.

Algunas de las especies de playa tienen valor ornamental y pueden servir para decorar jardines de casas de playa y hoteles. Algunas también pueden utilizarse en camellones de calles en las ciudades costeras.

La estabilización de los grandes médanos transgresivos, móviles, la llevan a cabo un conjunto de plantas herbáceas y arbustivas. *Palafoxia lindenii*, *Croton punctatus* y *Chamaecrista chamaecristoides* son las primeras en aparecer, seguidas por *Schizachyrium littoralis* y *Commelina erecta*. En el norte *Coccoloba uvifera* juega también este papel. Posteriormente se encuentran las especies arbustivas y arbóreas que funcionan como nucleadores, es decir que favorecen el establecimiento de otras especies. Entre ellas están *Diphysa americana* (antes *D. robinoides*), *Randia laetevirens*, *Opuntia stricta* var. *dillenii*.

En las dunas estabilizadas del estado hay aún remanentes de bosques y selvas sobre las dunas costeras (figura 4). Son solamente vestigios de lo que alguna vez existió.

Hoy en día han sido transformados en potreros para cría de ganado o para cultivo de caña de azúcar. En Tamiagua se registraron selvas y bosques sobre las dunas estabilizadas. En la parte norte de Cabo Rojo se establece una selva dominada por *Coccoloba uvifera*. En la zona sur quedan remanentes de bosques que debieron cubrir grandes extensiones. Hoy quedan parches de selvas de *Manilkara zapota*, bosques de *Quercus oleoides* y selvas que se inundan durante las lluvias dominados por *Bucida buceras*. Entre las principales especies acompañantes están *Bursera simaruba*, *Nectandra salicifolia*, *Randia aculeata*, *Crossopetalum uragoga*, *Schaefferia frutescens*, *Lucuma* (antes *Pouteria*) *hypoglauca*, *Psychotria erythrocarpa*, *Casearia corymbosa*, *Acacia cornigera*, *Cordia curassavica*, *Lonchocarpus hondurensis*, *Caesalpinia bonduc*, *Chiococca coriacea*, *Coccoloba humboldtii*, *Andira galeottiana*, *Ficus radula*, *Combretum laxum*, *Zapoteca formosa* y *Byttneria fluvialis*. También se forman algunas selvas inundables sobre la barrera, donde dominan *Pachira aquatica*, *Chrysobalanus icaco*, *Hibiscus pernambucensis*, entre otros. En parches herbáceos entre manchones de selva se encontró *Croton punctatus*, *Ipomoea imperati*, *Sporobolus virginicus*, *Chamaesyce hyssopifolia*, *Canavalia rosea*, *Panicum repens*, *Bromelia pinguin*, *Sida acuta* e *Indigofera suffruticosa*. Cabe decir que el estado de conservación de esta región es muy bueno.

El último remanente de selva mediana subperennifolia se localiza en CICOLMA (Centro de Investigaciones Costeras La Mancha), municipio de Actopan. Castillo-Campos (2006) describe una selva mediana subcaducifolia de 20 metros de alto, formada por *Brosimum alicastrum*, *Bursera simaruba*, *Ficus cotinifolia*, *Cedrela odorata*, *Enterolobium cyclocarpum*, *Tabebuia chrysantha* y *Ginoria nudiflora* entre otras. También existe una selva de *Gymnanthes lucida*, de menor altura, con otras especies asociadas como *Fraxinus schiedeana*, *Hyperbaena jalcomulcensis* y *Calyptanthus pallens*. En otras zonas del estado predominaban las selvas bajas caducifolias, como la que se encuentra en este mismo centro, así como formando manchones aislados en algunos ranchos en Vega Alatorre y Alvarado. Entre las especies más frecuentes están *Bursera simaruba*, *Coccoloba barbadensis*, *Karwinskia humboldtiana*, *Elaeodendron trichotomum* y *Lysiloma divaricatum* entre otras. Excepto por este tipo de selva en CICOLMA, hoy en día solo quedan vestigios de estas comunidades.

En las islas arenosas la flora está conformada por especies herbáceas de dunas costeras y otras de distribución más general y algunas especies de árboles. En Isla Verde se han registrado 26 especies (Lot-Helgueras, 1971) que incluye arbustos como *Randia laetevirens*, *Tournefortia gnaphalodes* y *Agave angustifolia*. También hay especies de amplia distribución como *Sesuvium portulacastrum*, *Euphorbia buxifolia*, *Ipomoea pes-caprae*, etc. En Isla Sacrificios también aparece *Coccoloba uvifera*, *Coccoloba humboldtii* y un árbol introducido conocido como pino de mar (*Casuarina equisetifolia*). Va-

rias de las especies como *T. gnaphalodes*, no se encuentran en el litoral continental del estado y solo vuelven a aparecer en Isla Lobos.

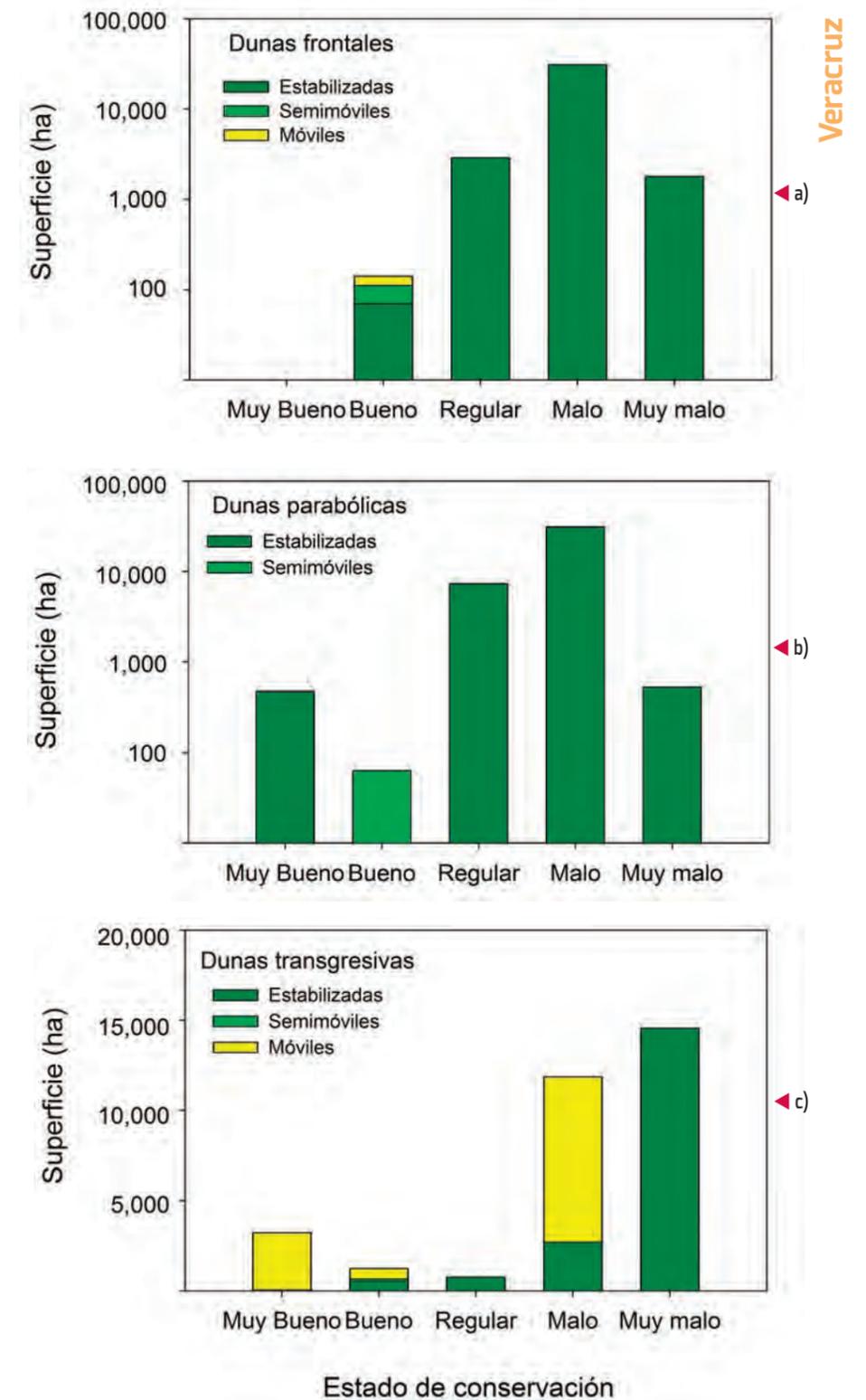
Estado de conservación de las dunas costeras

Para determinar el estado de conservación de las dunas costeras de México se hizo una clasificación cualitativa de cinco categorías (Cuadro 2) que se describen a continuación (ver capítulo 9):

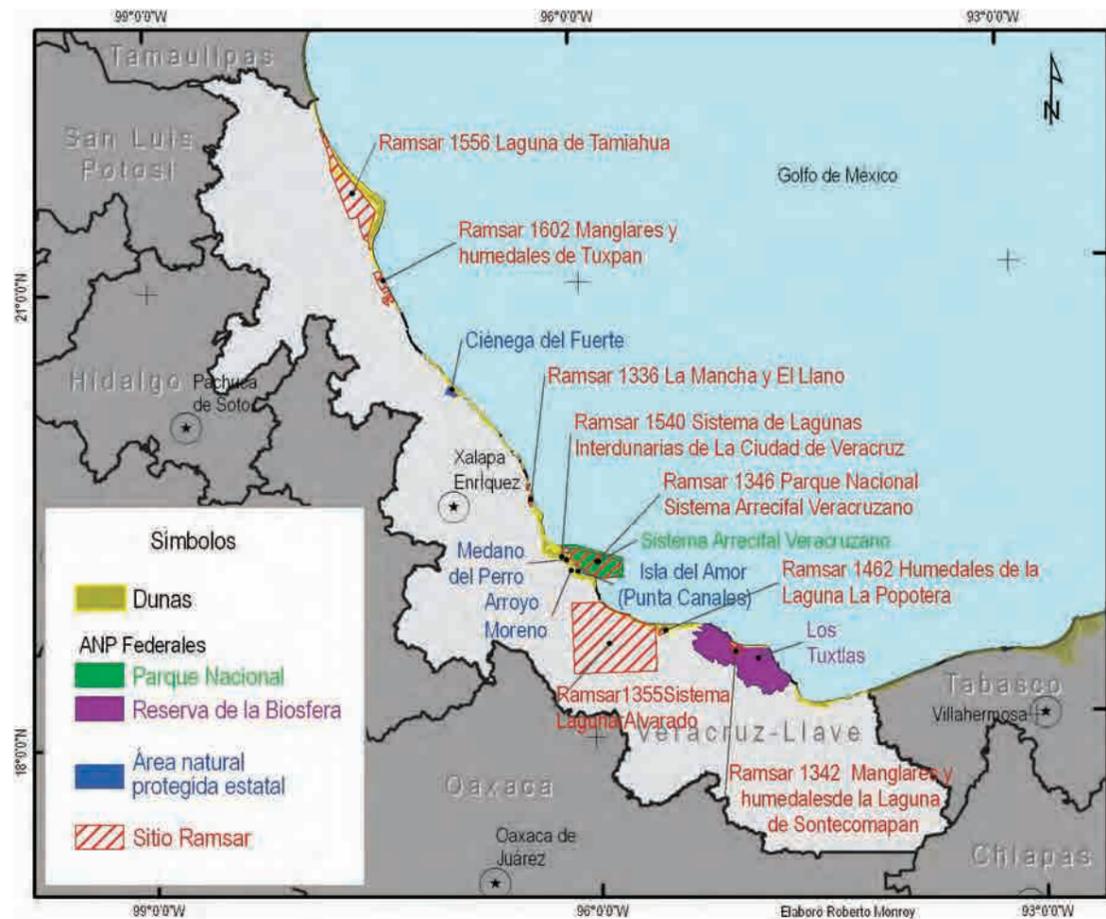
La figura 5 muestra el porcentaje de superficie que ocupa cada tipo de duna en el estado de Veracruz y su grado de conservación. Los tres tipos de dunas ocupan alrededor de la tercera parte de la superficie (Cuadro 1). En general en el estado predominan las dunas en condiciones de regulares a muy malas. Entre las dunas frontales, no hay dunas en muy buen estado y muy pocas en buen estado. Esto se puede explicar debido a la extensión que ocupan y por tanto hay un uso importante de las mismas para actividades agropecuarias, y muchas de las dunas están cruzadas por caminos que llevan a pequeños caseríos y asentamientos. Estas condiciones bajan la calidad del grado de conservación de las dunas veracruzanas. En estado regular de conservación se encuentra el 8%, en mal estado el 87% y en muy mal estado el 5%. Para las dunas parabólicas, la situación es semejante. El 19% está en un estado regular y el 79% está en mal estado. Solamente el 1% está en buen estado. Las dunas transgresivas, sobre todo las móviles posiblemente por la fuerte erosión y depositación de la arena, se encuentran algo mejor. El 10% está en muy buen estado y el 4% en buen estado. En mal estado se encuentra el 38% y en muy mal estado el 46%.

▼ Cuadro 2.
Características de los diferentes estados de conservación en que fueron clasificadas las dunas costeras de México.

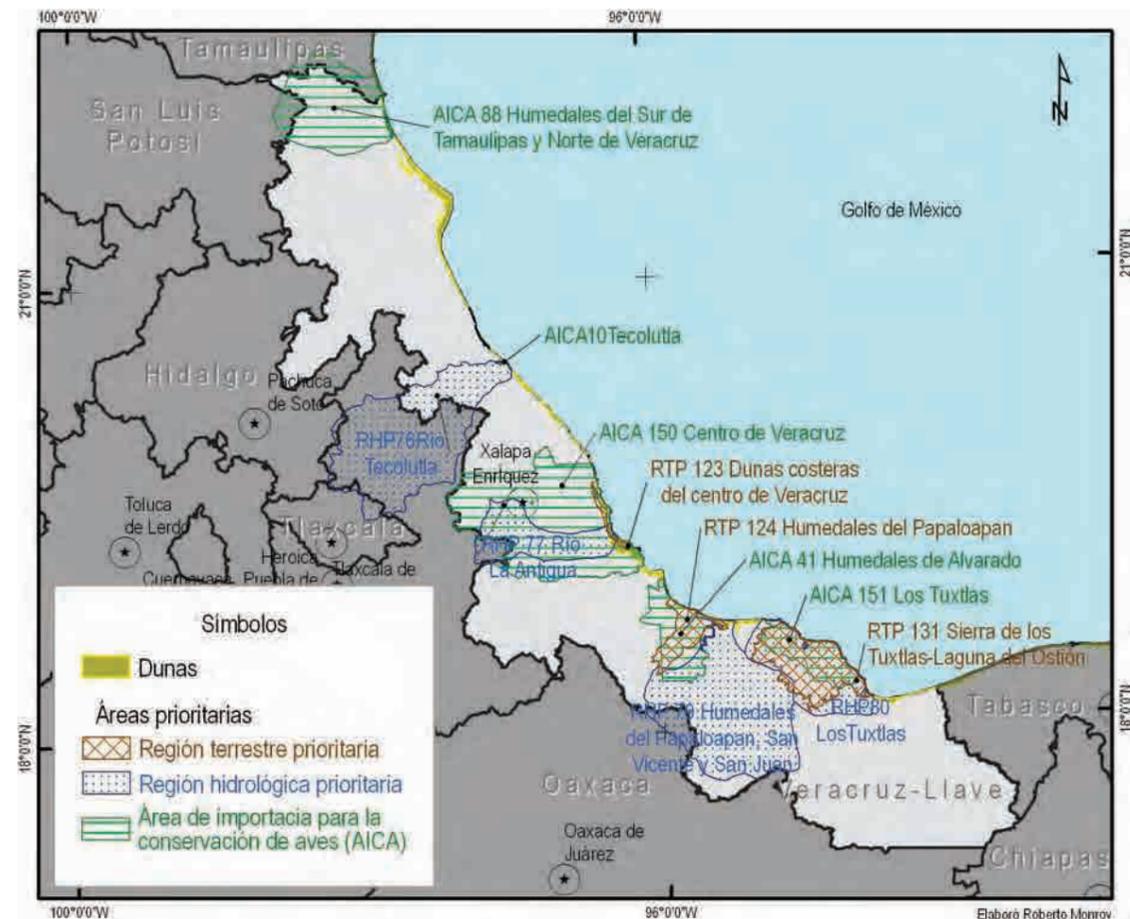
Estado de conservación	Características
Muy bueno	Natural, sin disturbios aparentes
Bueno	Fragmentado por carreteras, brechas, accesos
Regular	Presencia de actividades agropecuarias
Malo	Actividades agropecuarias acompañadas por asentamientos humanos dispersos
Muy malo	Totalmente antropizado, con asentamientos urbanos en más del 75% de la superficie



▲ figura 5.
Superficie que ocupan los tres tipos de dunas presentes en el estado de Veracruz; a) Dunas frontales; b) Dunas parabólicas y c) Dunas transgresivas. También se muestra el estado de conservación de cada una de ellas.



▲ a)



▲ b)

▲ figura 6.

a) Ubicación de las áreas naturales protegidas en el estado de Veracruz, y b) las áreas de importancia por su valor biológico.

Los espacios protegidos y de importancia biológica

El estado de Veracruz cuenta con tres espacios naturales protegidos de carácter federal que protegen ecosistemas de playas y dunas costeras: Reserva de Biosfera y Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas y Sistema Arrecifal Lobos-Tuxpan. Entre las áreas privadas de conservación que protegen algún tipo de ecosistema costero están: Barra de Galindo, La Mancha y Cansaburros (figura 6). Es uno de los estados con menor superficie de dunas bajo estado de conservación, a pesar de la importancia y variedad de este ecosistema en la entidad.

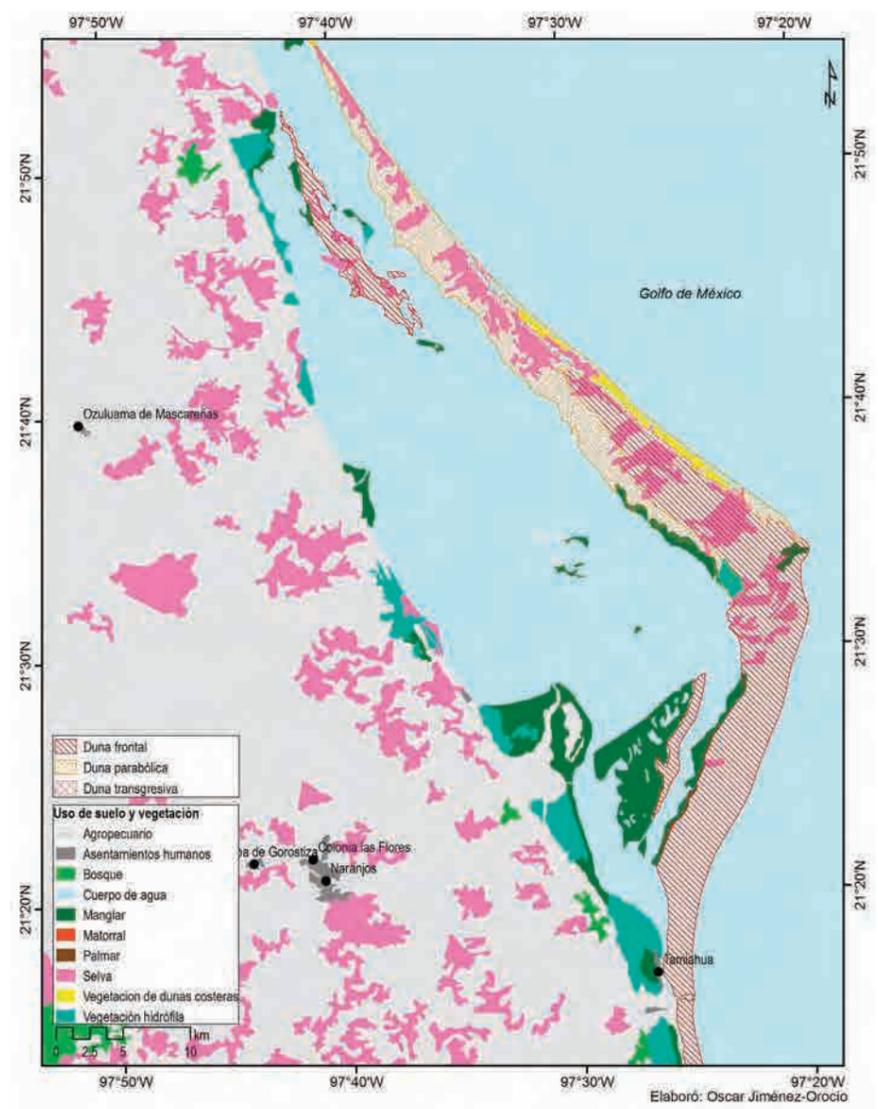
En Veracruz existen ocho sitios Ramsar: Parque Nacional Sistema Arrecifal Veracruzano, La Mancha-El Llano, Laguna Interdunarias del Puerto de Veracruz, Manglares y Humedales de Sontecomapan, Sistema Lagunar de Alvarado, la Popotera, Laguna de Tamiahua y Manglares de Tumulco y Tampamachoco. Los tres primeros abarcan

sistemas de playas y dunas costeras. La playa más importante para desove de tortugas es Lechugillas.

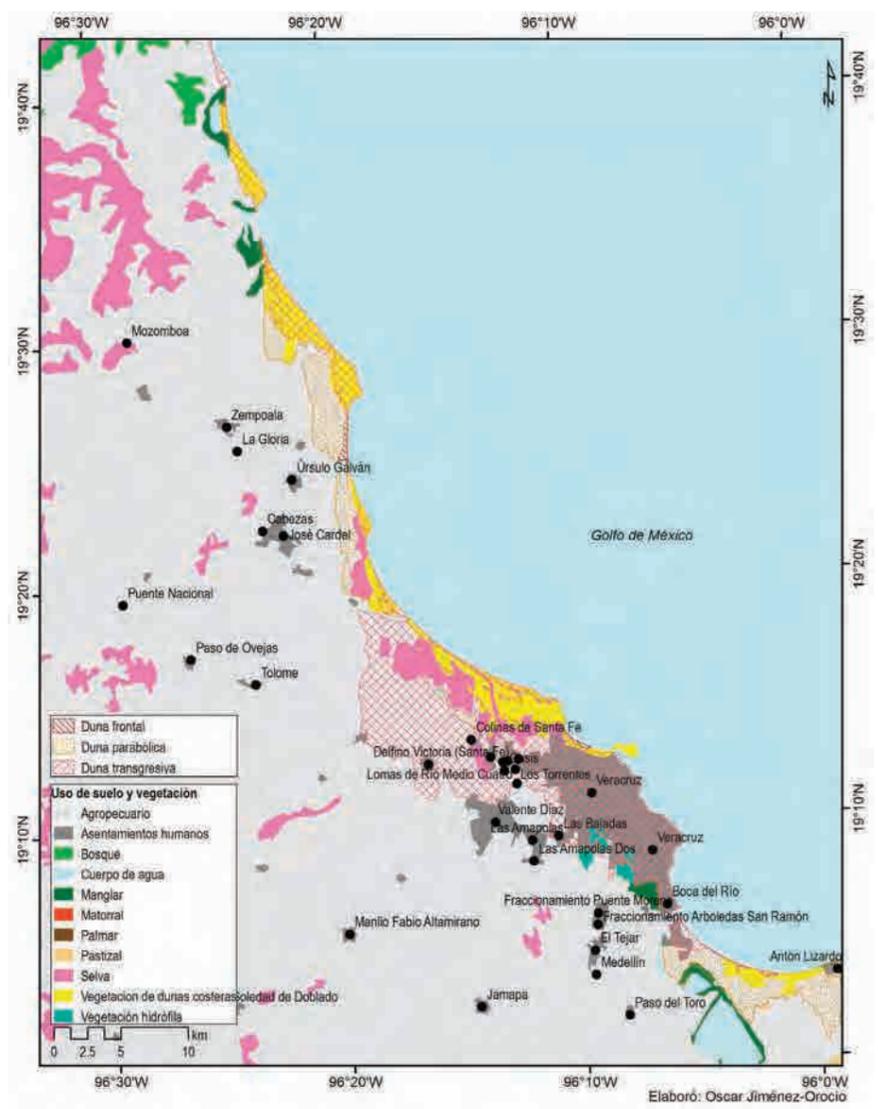
En CONABIO se han reconocido numerosas áreas de importancia para la conservación en la costa de Veracruz. Como Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) se han identificado seis: Humedales de Alvarado, Tecolutla, Humedales del Sur de Tamaulipas y Norte de Veracruz, Centro de Investigaciones Costeras La Mancha, Centro de Veracruz y Los Tuxtlas. Se han identificado cuatro Regiones Hidrológicas Prioritarias: Río Tecolutla, Río La Antigua, Humedales de Papaloapan San Vicente y San Juan y Los Tuxtlas. Como Regiones Marinas Prioritarias se tienen seis zonas: Pueblo Viejo-Tamiahua, Tecolutla, Laguna Verde -Antón Lizardo, Sistema Lagunar de Alvarado, Los Tuxtlas y Delta del Río Coatzacoalcos. Así mismo, CONABIO ha identificado cinco Regiones

Terrestres Prioritarias: Sierra de Los Tuxtlas- Laguna del Ostión, Dunas Costeras de Veracruz, Laguna de Tamiahua, Encinares Tropicales de la Planicie Costera Veracruzana y Humedales de Papaloapan.

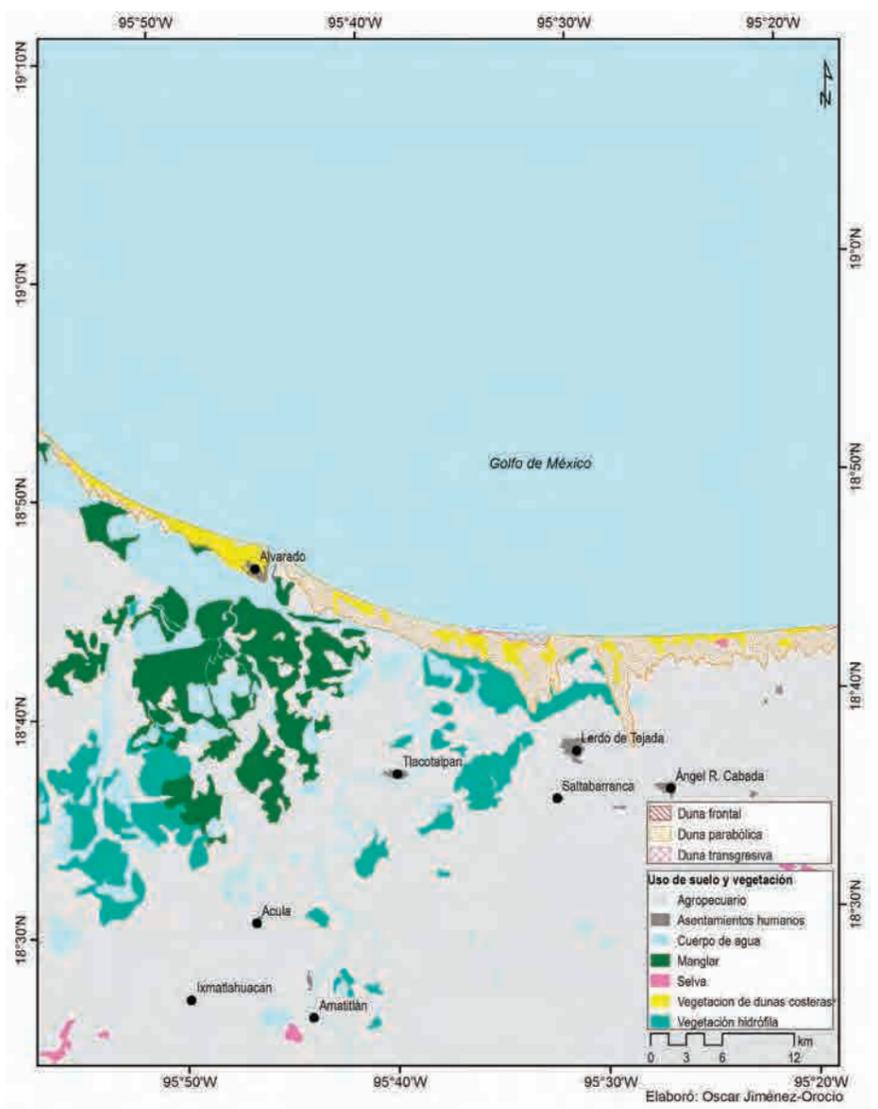
Veracruz tuvo una playa certificada (Playa San Isidro), pero esta certificación no fue renovada debido a falta de recursos (2007-2009). Adicionalmente, la CFE (Comisión Federal de Electricidad) ha explorado la certificación de la playa ubicada en la nucleoelectrónica de Laguna Verde.



▲ a)



▲ b)



▲ c)

▲ figura 7.

Imágenes que muestran los distintos tipos de dunas de la costa de Veracruz sobreponiendo el uso del suelo. **a)** Región de Tamiahua; **b)** región central del estado donde se encuentran los sistemas de dunas móviles más grandes del estado, abarcando desde el Farallón, La Mancha, San Isidro y el norte del Puerto de Veracruz y **c)** Alvarado. Nótese la colindancia con manglares y humedales de agua dulce en las zonas conservadas. En Alvarado está la duna parabólica más larga (10 km de largo) de todo el país.

Problemática y diagnóstico

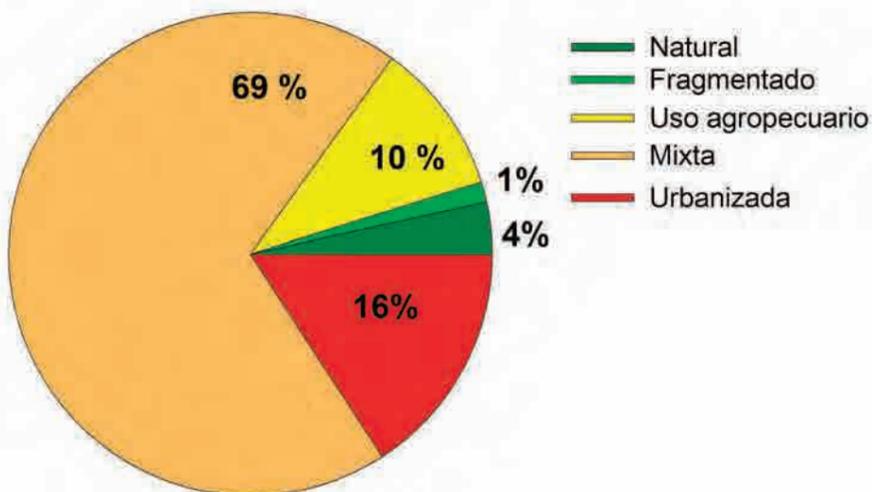
Veracruz es un estado con grandes extensiones de dunas costeras y también es una de las entidades con mayor número de ciudades y gran cantidad de población establecidas sobre las dunas costeras. Además de tener actividades agropecuarias y una gran proporción de población rural, también cuenta con industria en la zona costera. Por tanto numerosas actividades se han asentado en la planicie costera y en el propio litoral. Sin embargo sus costas son un patrimonio natural de gran valor tanto desde el punto de vista geomorfológico como ecológico (Moreno-Casasola, 2004).

Uso del suelo

Veracruz es un estado en el que las dunas costeras han sido muy utilizadas, y de ahí su mal estado de conservación en general. Como lo muestra la figura 7a, la isla de barrera de Tamiahua es la excepción. El relativo aislamiento de esta zona ha hecho que las dunas tanto frontales como parabólicas se mantengan en buen estado y que aún conserven vegetación de pioneras, matorrales y selvas. Hay ganadería sobre las mismas pero el impacto aún no es tan alto como en el resto del estado. Las figuras 7b y c muestran las regiones donde ha habido un desarrollo agropecuario y urbano. Este último ha hecho que Veracruz sea uno de los estados con ciudades asentadas sobre dunas costeras, como

son el propio Puerto de Veracruz y la ciudad de Coatzacoalcos. En la zona del Puerto de Veracruz las dunas transgresivas son usadas para actividades agropecuarias y sobre ellas se ha desarrollado la propia ciudad, que se sigue extendiendo sobre este ecosistema por la ampliación de los servicios del puerto. Las dunas parabólicas muestran tanto vegetación de dunas como actividades agropecuarias. Las dunas parabólicas (figura 7c) predominan en la región de Alvarado y presentan vegetación de dunas y manchones de selvas fragmentados, así como uso agropecuario, principalmente ganadería. El puerto de Alvarado es otra ciudad que está asentada sobre dunas costeras.

Usos de suelo sobre dunas



▲ figura 8. Esta gráfica muestra el porcentaje de superficie estatal que ocupa cada estado de conservación de las dunas, con base en cinco categorías (ver explicación en la sección de Estado de conservación y en el capítulo 9), como un indicador del uso del suelo sobre las dunas en Veracruz.

La figura 8 muestra el porcentaje de la superficie de dunas costeras en cada una de las cinco categorías de conservación. Puede observarse que el 69% de las dunas costeras veracruzanas tiene un uso mixto en el que se combina la presencia de asentamientos humanos, las actividades agropecuarias y la fragmentación del paisaje. El 16% de las dunas tiene asentamientos urbanos relativamente grandes, como es el caso del Puerto de Veracruz y Coatzacoalcos. Menos del 5% de las dunas veracruzanas tienen un buen estado de conservación.

Geomorfología, biodiversidad y vegetación

Solamente cinco estados de México cuentan con dunas parabólicas (figura 9). Veracruz es el que tiene una mayor superficie, superando con mucho a los otros cuatro estados, y además cuenta también con grandes extensiones de dunas frontales y dunas transgresivas. Hoy en día éstas últimas son el hábitat que aún perdura para las especies endémicas fijadoras de dunas costeras. Estas dunas parabólicas favorecen diversos microambientes, base de la biodiversidad vegetal alta de esta región. Uno de los ambientes que se forman en estos sistemas son las lagunas interdunarias, las cuales también están mejor representadas en esta entidad, tanto por su tamaño como por la vegetación que albergan (Peralta Peláez y Moreno-Casasola, 2009). Estos tipos geomorfológicos constituyen un patrimonio natural de gran valor para Veracruz.

Veracruz aún cuenta con un patrimonio natural importante dado por el germoplasma existente en los bosques y selvas remanentes que todavía se en-



▲ figura 9. Un ejemplo de las dunas parabólicas y transgresivas (San Isidro, también en Actopan) de Veracruz. (Foto: Gerardo Sánchez Vigil).

cuentran en las dunas estatales, así como de especies estabilizadoras que son capaces de fijar los grandes sistemas móviles, algunas endémicas del Golfo y otras de México (Martínez y Moreno-Casasola, 1998; Álvarez-Molina et al., 2013). Moreno-Casasola et al. (2011) revisaron los registros de herbario con colecciones de Veracruz y encontraron 653 especies. En Veracruz se encuentra una especie endémica de las dunas costeras mexicanas, que crece casi exclusivamente en el estado y que es formadora de dunas: *Palafoxia lindenii* (clavelillo de arena). También en este estado se encuentran los últimos relictos de selva que se desarrollan sobre dunas costeras, prácticamente únicos en el país.

Agricultura y ganadería

Veracruz es un estado ganadero y las dunas han sido usadas con este fin. Sin embargo, durante los últimos 30 años la frontera ganadera ha crecido sobre la duna frontal, al grado en que hay zonas en las que los potreros se extienden hasta las dunas embrionarias. Los pastos de los potreros han sustituido a la vegetación natural. Las plantaciones

de cocotales solamente se han mantenido en la zona de Vega Alatorre, Nautla y Tecolutla, y Coatzacoalcos en el sur. El amarillamiento letal está acabando con las palmas.

Desarrollos turísticos y urbanos

Varias ciudades han crecido sobre dunas y humedales. En la costa de Veracruz hay asentamientos importantes sobre las dunas costeras. Los municipios con la mayor densidad de población urbana sobre dunas costeras son: Alvarado, Boca del Río, Coatzacoalcos, Nautla, Tecolutla y Veracruz, sumando poco menos de un millón de habitantes (964,403-INEGI, 2010). El municipio de Veracruz es el que tiene la mayor cantidad de habitantes, con cerca de medio millón (502,769). Existe una mayor cantidad de municipios costeros con población rural asentada sobre sus dunas costeras, los cuales suman 43,884 habitantes. Los municipios con más de 500 habitantes en asentamientos rurales sobre dunas son: Agua Dulce, Alvarado, Catemaco, Coatzacoalcos, La Antigua, Ozuluama de Mascareñas, Pajapan, Tamiahua, Tampico Alto, Tecolutla, Tuxpan, Úrsulo Galván y Veracruz (figura 10).



▲ **figura 10.**
Desarrollo turístico y carretera que cruza el sistema de dunas frontales.
(Foto: Gerardo Sánchez Vigil).

En muchos casos, la necesidad de playa y las construcciones de infraestructura hotelera, bulevares, y la toma de decisiones sin considerar la dinámica de los ambientes costeros han hecho que se construya sobre la duna frontal y aún sobre la playa. Estas decisiones ponen en riesgo a la población y la infraestructura, ya que se someten directamente al impacto de tormentas y huracanes.

Industria e infraestructura costera

Hay diversas industrias, algunas asociadas a los puertos en el estado. En la zona de Tuxpan se asientan instalaciones termoeléctricas, además del Puerto de Tuxpan. En el Puerto de Veracruz, las explanadas de contenedores comerciales han crecido sobre dunas estabilizadas que estaban ocupadas por pastizales, matorrales y selvas bajas caducifolias. En Coatzacoalcos también hay un crecimiento urbano sobre dunas costeras.

En el estado hay zonas donde abundan las obras de ingeniería costera. Varios de los ríos presentan escolleras (por ejemplo los ríos Tecolutla y Jamapa), puertos como Vera-

cruz y Coatzacoalcos han ganado tierra al mar rellenando y construyendo parte de sus instalaciones y ciudades como Veracruz y Tuxpan han tratado de detener la erosión de las playas construyendo espigones. Los problemas de erosión se han acrecentado debido a los permisos de construir sobre la duna frontal y las dunas embrionarias (figura 11).

Veracruz es el estado con la mayor extensión de obras portuarias de protección, que suman un total de casi 25 km. De estos, 5.4 km son rompeolas, 6.4 escolleras, 884 m espigones y 12.2 km de protección marginal (SCT, 2010).

Erosión

El fenómeno de erosión costera en Veracruz es de escala regional y se presenta asociado al ataque de olas altas generadas durante tormentas, así como a la ocurrencia de mareas de tormenta, debidas a la interacción atmósfera océano (SEMAR, 2004). Se estimó en general un retroceso de 2 m/año. El proceso de retroceso litoral fue estimado en 1 m/año en Playa Salinas, y también fue evidente en Nautla, Playa Chachalacas, Isla del Amor entre

otros (SEMAR, 2004). En Boca del Río y en Tecolutla se han producido serios daños a la propiedad pública y privada, al perderse la playa y destruirse construcciones y caminos.

Otra evidencia de erosión en las costas de Veracruz es lo observado en el Sistema Arrecifal Veracruzano donde aparentemente se ha perdido la presencia de un delta sumergido que aparece en mapas antiguos. Sin embargo, este delta ya no se observa en la actualidad (Rosales-Hoz et al., 2007, 2009; Marín-Guzmán, 2009). El represamiento de los ríos retiene agua y sedimentos, lo que genera un déficit de sedimentos en las costas, incrementando de esta manera la erosión litoral. Por otro lado, con el represamiento río arriba del río Jamapa, los sedimentos que llegan al mar son más finos y el daño potencial que pueden producir en los corales es enorme.

En estudios sobre los cambios en la línea de costa en los últimos 20 años ocurridos en la costa de Veracruz, Jiménez-Orocio (2010) encontró que hay secciones de la costa muy dinámicas, donde la erosión fue de más de 100 m en diez años. Sin embargo, en estas mismas regiones nuevamente avanzó la línea de costa otros 100m en la siguiente década. Por este tipo de comportamiento se conoce a las playas y dunas como los ecosistemas más dinámicos del planeta.

Vulnerabilidad ante el cambio climático

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (SEMARNAT) hizo un análisis del impacto del cambio climático para cada estado de la República. Analizaron el número de veces que se presentaron eventos hidrometeorológicos en la entidad. Estos eventos se clasificaron en ocho categorías que aparecen en la figura 12a y el análisis se realizó para el periodo comprendido entre 1980 y 2001. Muchos de estos eventos constituyen desastres hidrometeorológicos, y en el caso de Veracruz los más frecuentes son las inundaciones (se registraron 220), los vendavales (100), las lluvias (50), los incendios (49), y los huracanes (12).

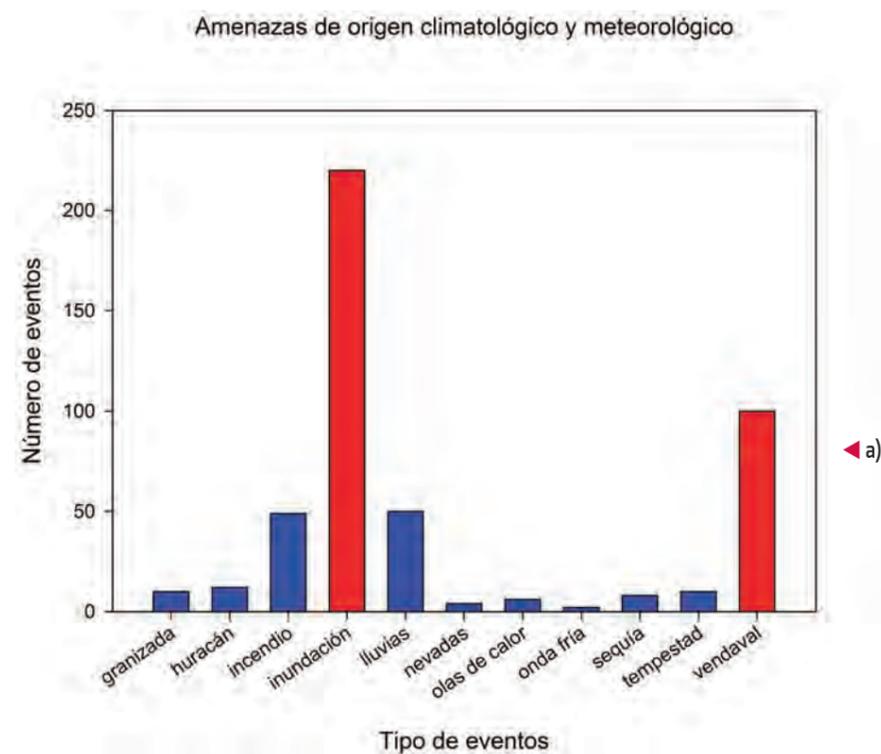
La presencia de huracanes y tormentas de alta intensidad suele ocasionar inundaciones en las zonas bajas y de alta vulnerabilidad como lo que ya ha ocurrido a lo largo de las costas veracruzanas, como fue Tlacotalpan en 2010. La mayor duración de estas inundaciones contamina las reservas de agua potable e incrementa las enfermedades infecciosas. Ciudades que se encuentran bajo estos riesgos son Tuxpan, Panuco, Veracruz, Alvarado y Coatzacoalcos. En particular, las ciudades costeras vinculadas con lagunas costeras y estuarios, son las más vulnerables al cambio climático global (Arcos-Espinosa et al., 2010).

La mayor parte de la zona costera está bajo riesgo de incremento del nivel del mar y en algunas zonas la penetración marina representa un alto riesgo (como es el complejo lagunar de Alvarado, Coatzacoalcos principalmente) (figura 12b). (http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/estados.html). Las zonas costeras también son vulnerables debido a la penetración de la cuña salina.



▲ **figura 11.**
Escolleras construidas para mantener abierta la barra arenosa y permitir una comunicación permanente entre el cuerpo de agua, en este caso el Río Jamapa, y el mar.
Estas obras producen erosión en una de las escolleras y aumento de la zona arenosa en la otra.
(Foto: Gerardo Sánchez Vigil).

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático indica que Veracruz es un estado con disponibilidad alta de agua y el grado de presión sobre la misma es escaso (4%), aunque los proyectos recientes de construir más de 100 presas para producción de energía eléctrica pueden cambiar esta situación.



◀ a)

- se sugiere establecer reservas de germoplasma en las zonas donde aún se conservan estas especies.
- se recomienda declarar áreas protegidas o UMAs aquellas zonas donde aún hay restos de selvas y bosques
- es uno de los estados con menos espacios protegidos en la zona costera, por lo que se recomienda incrementar la superficie bajo conservación, incluyendo áreas representativas de los distintos tipos de dunas costeras
- Impulsar programas de reforestación en las áreas aptas para ello (ver capítulo de reforestación)



◀ b)

Ante la vulnerabilidad de algunas regiones del estado, es necesario hacer conciencia de que las playas y dunas son la primera protección contra el cambio climático. Las principales recomendaciones son:

- no incrementar la utilización de obras de ingeniería de protección costera pues aumentan aún más la erosión
- se deben proteger las dunas frontales, restaurarlas y sembrar sobre ellas vegetación nativa, a todo lo largo de la costa. La actividad agropecuaria debe desarrollarse detrás de las dunas frontales
- las construcciones (casas, desarrollos turísticos, crecimientos urbanos) deben colocarse no solamente por atrás de la duna frontal, sino que deben tomar en cuenta

FUENTE: Department of Geosciences Environmental Studies Laboratory, University of Arizona

▲ figura 12.

a) La figura muestra los desastres hidrometeorológicos entre 1980 y 2001 en el estado de Veracruz, sobresaliendo las inundaciones, vendavales, lluvias e incendios, siendo el primero de gran magnitud.
b) Se muestran las zonas de la costa de Veracruz, con riesgo de inundación por aumento del nivel del mar, estando el complejo lagunar de Alvarado especialmente con alto riesgo. Esta información fue tomada y redibujada de http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/estados.html.

► Recomendaciones y planes de manejo

En Veracruz cobra gran importancia la conservación del germoplasma de las plantas estabilizadoras de dunas, así como de las especies arbóreas que se han reproducido exitosamente en las dunas formando bosques y selvas. Ello habla de comunidades vegetales adaptadas a las condiciones de movimiento, sequía y escasez de nutrientes característicos de los sistemas de dunas. Este germoplasma es de gran importancia para poder reforestar las dunas. Por tanto:

Las tasas de erosión actuales y utilizarlas para definir una distancia que garantice la seguridad de las personas y de las inversiones. Se debe evitar las construcciones sobre las dunas transgresivas y parabólicas: la movilidad de las dunas que carecen de vegetación funciona como amortiguador contra el impacto de fenómenos meteorológicos como tormentas y huracanes. En el caso de las que están cubiertas de vegetación, recuperarán su movilidad cuando se construya sobre ellas y la arena en movimiento puede ser un problema para la población, como ocurre en el Puerto de Veracruz.

Las dunas parabólicas son uno de los patrimonios naturales de Veracruz, como se mencionó anteriormente. Esos grandes sistemas de dunas constituyen un depósito de arena que alimenta las playas por lo que cobran gran importancia ante escenarios de erosión. Por tanto:

- se deben establecer esquemas de protección de dunas móviles
- se debe evitar construcciones sobre dunas móviles. Su uso turístico debe obedecer a proyectos de desarrollo sustentable. Considerando el gran atractivo de las playas veracruzanas para las actividades turísticas, se debe hacer un ordenamiento del uso de la costa donde se identifiquen las zonas de conservación y las zonas adecuadas para los desarrollos turísticos. Por ejemplo, se debe evitar construir sobre los grandes sistemas de dunas ubicados en el centro del estado, donde un turismo de bajo impacto sería adecuado. En cambio, se puede favorecer los desarrollos turísticos en zonas con pocas dunas y bajos riesgos de inundación.

Específicamente para el manejo y conservación de los ecosistemas de playas y dunas, SEMARNAT (2013) publicó recientemente un conjunto de lineamientos a tomar en cuenta para garantizar el mantenimiento del buen estado de estos ecosistemas.

Referencias bibliográficas

- Álvarez-Molina, L.L., Martínez, M.L., Lithgow, D., Mendoza-González, G., Flores, P., Ortiz-García, S. y Moreno-Casasola, P. 2013. Biological Flora of Coastal Dunes and Wetlands: *Palafoxia lindenii* A. Gray. *Journal of Coastal Research* 29 (3): 680-683.
- Arcos Espinosa, G., Jiménez Hernández S.B., y Padilla-Hernández, R. 2010. Ecurrimiento medio anual y disponibilidad de agua en la vertiente del Golfo de México. En: Rivera-Arriaga, E., Azuz-Adeath, I., Alpuche Gual, L., y Villalobo-Zapata, G.J. (eds.). *Cambio Climático en México un Enfoque Costero-Marino*. Universidad Autónoma de Campeche Cetys-Universidad, Gobierno del Estado de Campeche. pp. 61-72.
- Castillo, S. y Moreno-Casasola, P. 1998. Análisis de la flora de dunas costeras del Golfo y Caribe de México. *Acta Botánica Mexicana* 45: 55-80.
- Castillo-Campos, G. 2006. Las selvas. En: Moreno-Casasola, P. (ed) *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa, Veracruz. 221-230.
- Castillo-Campos, G. y Medina Abreu, M. E. 2002. Árboles y arbustos de la Reserva Natural de La Mancha, Veracruz. Manual para la identificación de las especies. Instituto de Ecología A.C., Xalapa.
- Castillo-Campos, G. y Travieso-Bello, A. C. 2006. La flora. En: Moreno-Casasola, P. (ed.). *Entornos veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología, Xalapa, Veracruz. pp 171-204.
- Espejel, E., Pena-Garcillán, P. y Jiménez-Orocio, O. 2013. Flora de playas y dunas de México. Informe Técnico Final Conabio HJ007.
- Jiménez-Orocio, O. 2010. Análisis espacio-temporal de la erosión y acreción de las costas del estado de Veracruz. Xalapa, Ver. México. INECOL. Tesis de Maestría.
- López-Portillo, J., Martínez, M.L., Hesp, P.A., Hernández Santana, J.R., Vásquez-Reyes, V.M., Gómez Aguilar, L.R., Méndez Linares, A.P., Jiménez-Orocio, O.A. y Gachuz Delgado, S. 2011. Atlas de las costas de Veracruz: manglares y dunas. Secretaría de Educación y Cultura del estado de Veracruz.
- Lot-Helgueras, A. 1971. Estudios sobre fanerógamas marinas en las cercanías de Veracruz, Ver. *Anales del Instituto de Biología, UNAM, México*. 42. Sección Botánica 1:1-48.
- Manson, R.H. 2004. Los servicios hidrológicos y la conservación de los bosques de México. *Madera y Bosques* 10: 3-20.
- Marín Guzmán, A.P. 2009. Estudio de sedimentos superficiales de la plataforma continental somera, frente al Río Jamapa, Veracruz, México. Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Martínez, M.L. y Moreno-Casasola, P. 1996. Effects of burial by sand on seedling growth and survival in six tropical sand dune species. *Journal of Coastal Research* 12 (2): 406-419.
- Martínez, M.L. y Moreno-Casasola, P. 1998. The biological flora of coastal dunes and wetlands *Chamaecrista chamaecristoides* (Colladon) I. & B. *Journal of Coastal Research* 14 (1): 162-174.
- Moreno-Casasola, P. 1999. Dune vegetation and its biodiversity along the Gulf of Mexico, a large marine ecosystem. En: Kumpf, H., Steidinger, K., Sherman, J. (eds.). *The Gulf of Mexico Large Marine Ecosystems Assessment, Sustainability and Management*. Blackwell Science Inc.
- Moreno-Casasola, P. 2004. Playas y dunas del Golfo de México. Una visión de su situación actual. En: Caso, M., Pisanty, I. y Ezcurra, E. (comp.). *Diagnóstico ambiental del Golfo de México*. SEMARNAT (INE)-INECOL-Harte Research Institute for Gulf of México Studies. 491-520.
- Moreno-Casasola, P. 2006. Playas y dunas. 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.-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SEMARNAT)- Gobierno del Estado de Veracruz. Xalapa, Ver., México. Vol I: 121-149.
- Moreno-Casasola, P. 2010. Veracruz. Mar de arena. Gobierno del Estado de Veracruz para la Conmemoración de la Independencia Nacional y de la Revolución Mexicana- Universidad Veracruzana. 283 pp. ISBN 978-607-33-0005-6. (<http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/documentos/publicacionestxt.htm#Libros>)
- Moreno-Casasola, P. y Espejel, I. 1986. Classification and ordination of coastal dune vegetation along the Gulf and Caribbean Sea of Mexico. *Vegetatio* 66: 147-182.
- Moreno-Casasola, P. y Vázquez, G. 2006. Las comunidades de las dunas. En: Moreno-Casasola, P. (Ed.) *Entornos Veracruzanos: la costa de La Mancha*. Instituto de Ecología A.C. Xalapa. pp. 285-310.
- Moreno-Casasola, P., Castillo, S. y Martínez, M.L. 2011. Flora de las playas y los ambientes arenosos (dunas) de las costas. En: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de Estado*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana, Instituto de Ecología, A.C. México: 229-238.
- Moreno-Casasola, P., Van der Maarel, E., Castillo, S., Huesca, M.L. y Pisanty, I. 1982. Ecología de la vegetación de dunas costeras: estructura y composición en el Morro de la Mancha. *BIOTICA* 7 (4): 491-526.
- Ortiz Pérez, M.A. y De la Lanza Espino, G. 2006. Diferenciación del espacio costero de México: un inventario regional. Serie Textos Universitarios, núm. 3, Instituto de Geografía, UNAM, México.
- Peralta Peláez, L.A. y Moreno-Casasola, P. 2009. Composición florística y diversidad de la vegetación de humedales en los lagos interdunarios de Veracruz. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 85: 89-101.
- Rosales-Hoz L., Carranza-Edwards A. y Celis Hernández, O. 2007. Environmental implications of heavy metals in surface sediments near Isla de Sacrificios, Mexico. *Bull Environ Contam Toxicol* 78:353-357.
- Rosales-Hoz, L., Carranza-Edwards, A., San Vicente-Añorve, L., Alatorre-Mendieta, M.A. y Rivera-Ramírez, F. 2009. Distribution of dissolved trace metals around a coral reef in southwestern Gulf of Mexico. *Bull Environ Cont Toxicol* 83: 713-719.
- SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes). 2010. Anuario estadístico del estado de Veracruz 2010. SCT Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.
- Seingier G., Espejel, I. y Fermán-Almada, J.L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación Ambiental* 1(1): 54-69.
- Seingier, G., Espejel, I., Fermán-Almada, J. L., González, O. D., Montaña-Moctezuma, G., Azuz-Adeath, I. y Aramburo-Vizcarra, G. 2011. Designing an integrated coastal orientation index: A cross-comparison of Mexican municipalities. *Ecological Indicators* 11(2): 633-642.
- SEMAR. 2004. http://www.semar.gob.mx/boletin/2004/bol_104.htm
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2013. Manejo de Ecosistemas de Dunas Costeras, Criterios Ecológicos y Estrategias. México. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Dirección de Política Ambiental e Integración Regional y Sectorial. Autores: Pedroza, D., Cid, A., García, O., Silva-Casarín, R., Villatoro, M., Delgadillo, M.A., Mendoza, E., Espejel, I., Moreno-Casasola, P., Martínez, M.L. e Infante Mata, D. http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janiumbin/janium_login_opac.pl?find&ficha_no=225712