

Quintana Roo

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

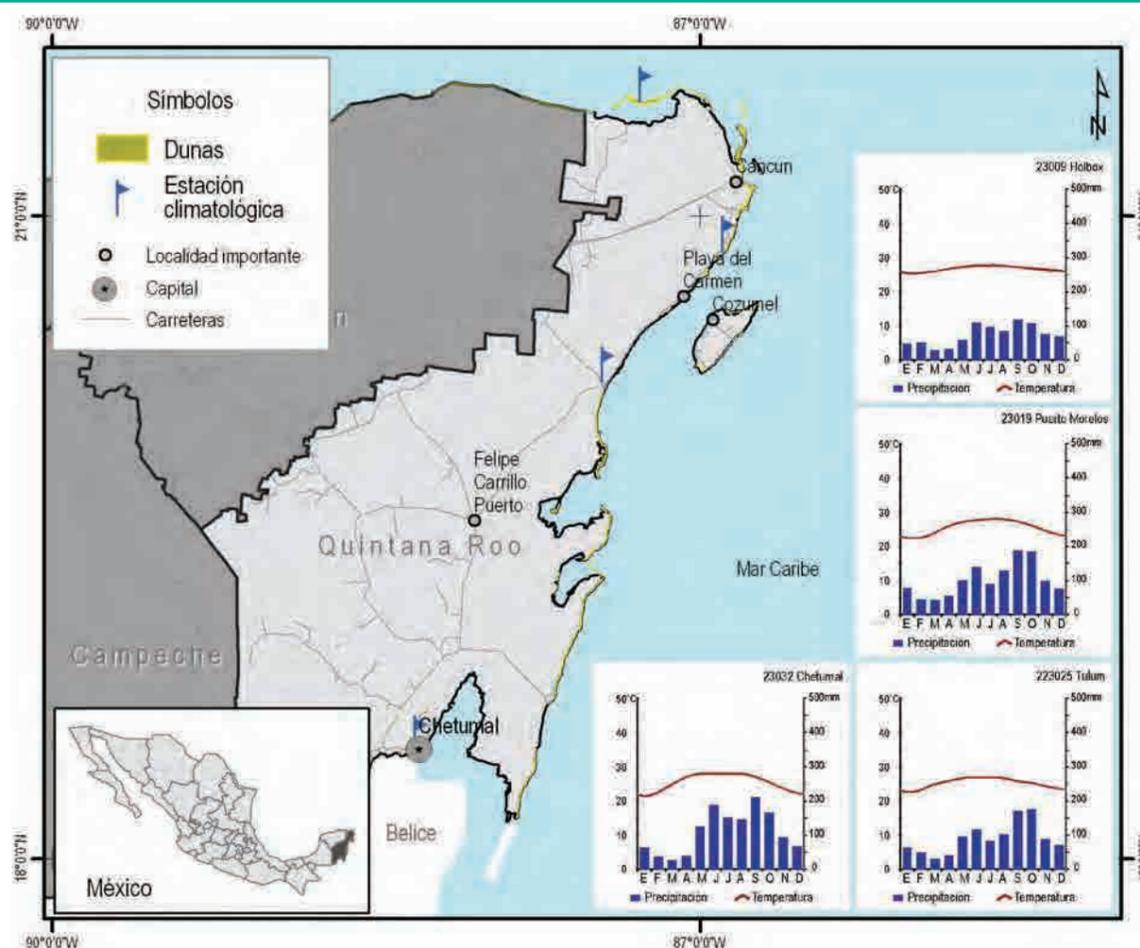
El estado de Quintana Roo se ubica en el sureste de la República Mexicana, sobre el Mar Caribe. Colinda al noroeste con el estado de Yucatán y al sur con el Río Hondo que constituye la frontera con Belice. El litoral de Quintana Roo abarca 865.2 km, siendo el más extenso de la costa Atlántica y uno de los estados costeros con mayor presión por el desarrollo turístico conocido como “sol y playa” del país. La capital de Quintana Roo es Chetumal, sin embargo, el estado tiene importantes ciudades en la costa y las islas, siendo las principales: Cancún, Playa del Carmen, Cozumel, Tulum, Isla Mujeres y Bacalar, además de los grandes desarrollos hoteleros que caracterizan a toda la costa del estado y que han crecido sobre barras arenosas, dunas, caletas rocosas y humedales. Se encuentra en una de las zonas que más vegetación de dunas costeras ha perdido en los últimos 30 años (Seingier et al., 2009).

Quintana Roo tiene un solo tipo de duna (dunas frontales y planicies de dunas frontales) y cubren una superficie de 12,278 ha.

El clima costero

Quintana Roo tiene climas cálidos subhúmedos en la mayor parte de su territorio y es cálido húmedo en la isla de Cozumel (figura 1). El clima caliente subhúmedo presenta lluvias en verano, con una precipitación que se incrementa en la franja costera con respecto al resto de la superficie de la península de Yucatán. La precipitación es de 1,000 mm en el sector noreste, entre Playa del Carmen y Cabo Catoche, y hasta por arriba de los 1,400 mm en el sur de la costa. El valor más alto de lluvia invernal (a excepción de Ensenada) se presenta en la isla de Cozumel (17.3 %). Es el litoral que presenta mayor humedad en la Península de Yucatán (Ortiz-Pérez y La Lanza Espino, 2006; Herrera Sansores, 2011).

Las tormentas tropicales y los huracanes han tenido un fuerte impacto en el estado, sobre todo en la costa con abundante infraestructura turística (Merino, 1987). La ciudad de Cancún, el ejemplo más conocido en el que gran parte de la ciudad turística se construyó sobre el primer cordón de dunas en una isla de barrera, la coloca en una situación sumamente riesgosa. Esta tendencia de construir sobre las dunas se mantiene a lo largo de todo el estado. Por otro lado, en 50 años, 14 tormentas tropicales y 13 huracanes han hecho tierra directamente en las costas de Quintana Roo (ver capítulo 4). El 40% de los huracanes más fuertes que han golpeado las costas mexicanas en los últimos 30 años (National Hurricane Center-USA) (<http://www.aoml.noaa.gov/general/lib/lib1/nhclib/mwreviews.html>), han hecho tierra en Quintana Roo provocando daños por casi 40,000 millones de dólares (ver capítulo 4). En el periodo 1980-2001 se registraron 12 huracanes, 4 incendios y 4 vendavales (ver sección de Vulnerabilidad).



▲ 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 Quintana Roo.

Sistema hidrográfico

En Quintana Roo domina el carbonato de calcio conformando un paisaje cárstico, por lo que no existen ríos superficiales. El escurrimiento se lleva a cabo a través de la red del drenaje subterráneo, que en la llanura costera se manifiesta a través de manantiales cársticos como los cenotes y/o petenes (Ortiz Pérez y de la Lanza Espino, 2006). En su territorio se ubican los ríos subterráneos Sac Actún (“cueva blanca”) y Nohoch Nah Chich (“gran casa de las aves”), que suman 153.6 kilómetros de largo. El estado cuenta con los tres ríos subterráneos más largos del mundo: además del Sac Actún, están el Ox Bel Ha, de 146.7 km de longitud y Dos Ojos, de 57 km. Sac Actún tiene 111 cenotes, pozas donde el río emerge a tierra.

La mayoría de corrientes superficiales son transitorias, de bajo caudal, recorrido muy corto y desembocan en depresiones topográficas donde forman lagunas, excepto el Río Hondo. En el municipio de Othón P. Blanco se encuentra la Laguna de Bacalar, San Feli-

pe, La Virtud, Guerrero y Milagros; en José María Morelos: Laguna Chichankanab y Esmeralda; y en Felipe Carrillo Puerto: Laguna Kaná, Noh-bec, Paytoro, Sac Ayín, X-Kojolí, Ocom y Chunyaxché. En Solidaridad destaca la Laguna Cobá, y la Laguna Nichupté en Cancún, municipio Benito Juárez. La única corriente superficial es el Río Hondo, que conforma el límite natural entre Quintana Roo (México) y Belice. Nace en Guatemala con el nombre de Arroyo Azul, recibe el nombre de Río Hondo a partir de la incorporación del río Bravo (proveniente de Belice) a 2.6 km al este del poblado La Unión; y desemboca en el mar Caribe a través de la Bahía de Chetumal. El río Escondido también es importante por su tamaño, ya que tiene una longitud de 173.3 km; es de carácter intermitente con trayectoria paralela al Río Hondo (Herrera Sansores y Heredia Escobedo, 2011).

Los paisajes de las playas y dunas

Este litoral se extiende desde la localidad de Cabo Catoche hasta la Bahía de Chetumal, siguiendo una dirección generalizada nortesur, y forma parte de la región costera Costa del Mar Caribe. Comparte la plataforma cárstica con la Península de Yucatán, pero

presenta características geomorfológicas y oceanográficas que la distinguen del litoral de esta región. Una primera diferencia de carácter regional es la presencia de una barrera arrecifal coralina que se extienden a lo largo de 1,000 km de longitud y que corre paralela a la línea de costa de todo el estado. Esta barrera en su flanco hacia mar abierto absorbe parte de la energía física del oleaje, permitiendo que hacia tierra se formen playas que reciben un oleaje muy suave. La arena se genera a partir de la deriva de las corrientes de playa que provienen de las costas de Centroamérica, flanqueando a la barrera. Sin embargo, la topografía, la configuración de la línea de costa y la batimetría también ejercen un control definitivo en la circulación local resultando en patrones locales de acumulación compleja (Ortiz Pérez y de la Lanza Espino, 2006).

Otro rasgo que diferencia esta costa de la de Yucatán y Campeche, es la presencia de amplios cordones de playa ya litificados o consolidados. En muchos casos están cubiertos por arena dando la apariencia de una playa arenosa. Se considera que la primera parte de la costa entre Cabo Catoche y Cancún está dominada por cordones arenosos de dunas y de playa, que son reelaborados por la deflación y las corrientes de la costa que hacen conspicua la morfodinámica de las islas de barrera, principalmente sobre las espigas o flechas arenosas cuando rematan el extremo de las barreras. La



▲ a)



▲ b)



▲ c)

▲◀ figura 4.

En Quintana Roo se alternan las playas: **a)** Litificadas o consolidadas como la primera imagen, con; **b)** Playas arenosas en las que el primer cordón de dunas está cubierto por matorrales o bien ha sido sustituido por cocotales. La orilla está cubierta por restos del pasto marino *Thalassia testudinum*; **c)** En las planicies de dunas frontales se desarrollan matorrales costeros y crecen las palmas nativas (*Thrinax radiata*). (Fotos: Gerardo Sánchez Vigil).

▼ Cuadro 1.

Superficie de las dunas costeras frontales del estado de Quintana Roo, según su grado de movilidad y estado de conservación. Las categorías para determinar el estado de conservación se describen en el cuadro 2.

Tipo de duna	Movilidad	Estado de conservación (ha)					Total estatal
		Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
Duna frontal	Estabilizada	3,874	1,992		3,158	2,776	11,800
	Semimóvil	353	125				478
TOTAL duna frontal		4,226	2,117		3,158	2,776	12,278
TOTAL ESTATAL		4,226	2,117		3,158	2,776	12,278

costa entre Cancún y Tulum representa el segundo trecho o sector de la costa, caracterizado por un patrón de ambientes que se disponen en forma de franjas paralelas a la costa (figura 2). En esta región los efectos del oleaje y de las tormentas se ven atenuados en cierto grado por la laguna arrecifal y los fondos someros (Ortíz Pérez y de la Lanza Espino, 2006). En algunas zonas llega a haber presencia de manglar a la orilla del mar, como en Punta Brava, ligeramente al sur de Puerto Morelos.

A partir de la playa, se forman una serie de cordones paralelos al mar, entre 3 y 4 m de altura, con matorral de dunas y palmas y aún selvas bajas. Detrás de ellos se establecen planicies de inundación hacia los manglares o con vegetación palustre de popal-tular y cuerpos de agua aislados. En la zona de Sian Ka'an se forma un humedal extenso en las tierras bajas. Se establecen manglares y petenes en los que la matriz está formada por mangle achaparrado que rodea manchones de mangle alto donde hay descargas de agua dulce del acuífero.

Tipos de dunas y extensión

Las dunas costeras de Quintana Roo suman un total de 12,278 ha. Solamente presenta dunas frontales y planicies de dunas frontales (Cuadro 1). Presenta sobre todo dunas estabilizadas y unas pocas semimóviles, en diferente estado de conservación. Es el noveno estado en superficie con dunas frontales y campos de dunas frontales, una superficie algo mayor que la de Yucatán. Las dunas frontales están ubicadas principalmente en los municipios de Benito Juárez, Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres, Lázaro Cárdenas, Othón P. Blanco, Solidaridad y Tulum; y las planicies de dunas frontales en Benito Juárez, Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres, Lázaro Cárdenas, Othón P. Blanco, Solidaridad y Tulum. Las dunas semimóviles se ubican en Cozumel, Felipe Carrillo Puerto, Isla Mujeres y Tulum.

En los límites con el estado de Yucatán, las planicies de dunas costeras son compartidas hasta la localidad de Caracol y delimitadas por la laguna costera de Chiquilá. Después de la extensa desembocadura de la laguna, los suelos arenosos son colonizados por desarrollos turísticos y habitacionales de la localidad de Holbox (Isla Mujeres). Aquí se forma una extensa isla de barrera de más de 20 km de longitud, con orientación oeste-este, que a diferencia de Holbox, se encuentra en buen estado de conservación. Las planicies de dunas frontales es la principal geoforma; se observan canales paralelos a la costa en todo el sistema que se hacen más anchos conforme se acercan al sistema lagunar; al igual que la anchura de los canales, la vegetación cambia de pioneras de dunas en la playa a elementos de humedal y manglar en los límites con el sistema lagunar. En el extremo Este, la orientación de la isla de barrera cambia, al igual que la anchura, continuando como un delgado cordón de dunas frontales que es interrumpido constantemente por canales de comunicación del complejo lagunar. Este sistema de islas de barrera es continuo hasta la localidad de Cancún, pasando por Isla Contoy, Isla Blanca, Isla Mujeres (Isla Mujeres) hasta la laguna Nichupté (Benito Juárez). Los desarrollos turísticos, incluyendo campos de golf, son el común en el uso de suelo de estas dunas, o lo que alguna vez fueron dunas costeras. Prácticamente toda la costa del municipio de Benito Juárez está representada por estrechos cordones de dunas frontales ocupados por desarrollos turísticos-habitacionales. De Puerto Morelos (Benito Juárez) hasta Tulum (Solidaridad) no se presentan dunas costeras y las que hay son incipientes dunas frontales que no superan los 100 m de anchura. A partir de Tulum, nuevamente se observan islas de barrera dispuestas en planicies y cordones de dunas frontales relativamente bien conservadas (ya que existen desarrollos turísticos aislados a lo largo de la costa), destacando Campechen, Boca Paila, Zamach, Punta Allen (Solidaridad), Pájaros e Isla de Techal (Felipe Carrillo Puerto) y desde la localidad de Herrero y Puerto Madero (Felipe Carrillo Puerto) hasta Mahahual y Xcalak (Othón P. Blanco), pasando por las localidades de Pulticub y El Placer Xcalak (Othón P. Blanco). Las islas de barrera ya no se encuentran tan separadas del continente, aunque siguen funcionando como una barrera de protec-



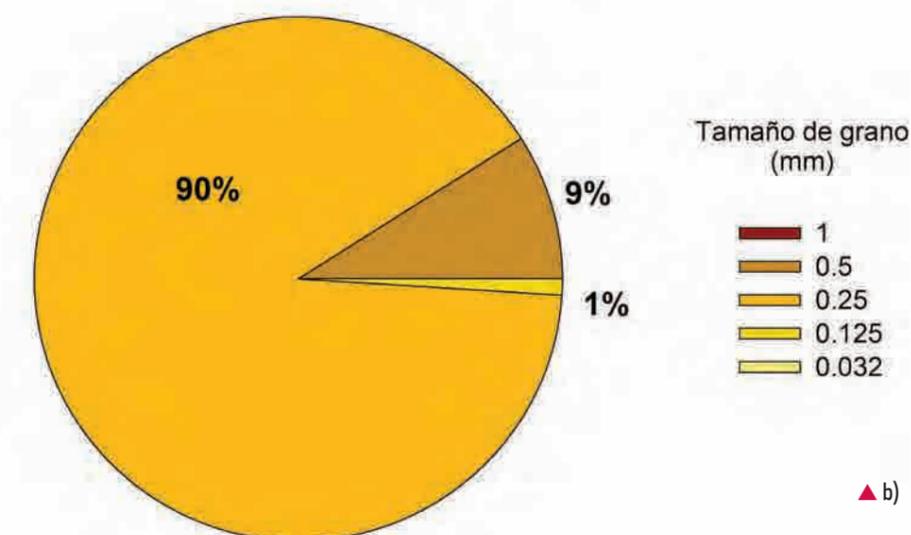
▲ a)

ción de sistemas lagunares y de manglares de la región; por ejemplo sistema lagunar Mosquitero y la laguna de Xcalak. En esta última zona las dunas frontales generalmente están fragmentadas por la carretera costera y asentamientos humanos aislados.

► Tipo de arena

Desde que comenzó el desarrollo turístico de Cancún, los sedimentos blancos que la caracterizan han sido atractivo para diferentes estudiosos del tema (Wilson et al., 1970). La arena del estado de Quintana Roo se caracteriza por ser de coloración blanca debido a la gran cantidad de fragmentos de conchas marinas (figura 3). El tamaño de grano va de fino a medio, lo que nos indica que este tipo de sedimento está "retrabajado" por el oleaje y las condiciones climáticas características de esa zona como huracanes y tormentas tropicales; es decir los granos de arena están muy erosionados. La arena de Isla Mujeres es de color blanca, el tamaño de grano es fino, lo que nos indica que es una arena de tamaño homogéneo (figura 3a). Contiene menores cantidades de cuarzo, feldespato y muy pocos minerales densos. Otro tipo de arena más gruesa que se encuentran en las costas del estado de Quintana Roo es la de Akumal. La arena de este sitio está compuesta por abundantes fragmentos de conchas marinas, moderadas cantidades de cuarzo y pocas cantidades de feldespatos y minerales densos. Presenta formas de grano de subredondeados a subangulosos. Se encuentra clasificada como arena de grano medio con tamaños de granos que van desde los 0.2 a los 2 mm (figura 3b). Este tipo de arena se clasifica como moderadamente seleccionada. La selección significa qué tan homogénea o heterogénea es la arena en cuestión al tamaño de grano, en este caso particular la arena es heterogénea. El color de la arena es blanca, sin presencia de limos y arcillas ni materia orgánica.

Porcentaje por tamaño de grano



▲ b)

▲ figura 3. a) Imagen de la arena de Isla Mujeres; b) La gráfica muestra la heterogeneidad del tamaño de los componentes de la arena, en la que domina los granos de tamaño medio. (Foto: G. Rendón-Márquez y N. Rodríguez-Revelo).



▲ a)



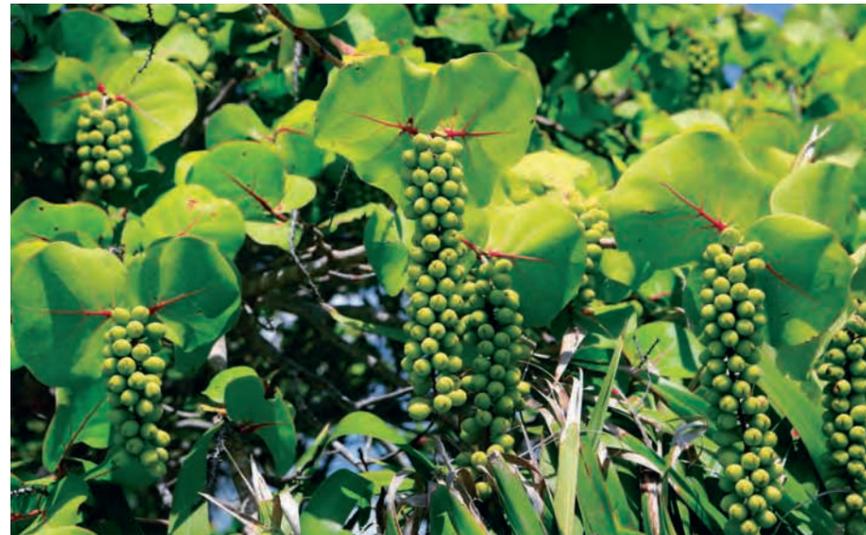
▲ c)



▲ e)



▲ b)



▲ d)



▲ f)

◀ figura 4.

Imágenes de algunas de las especies comunes en las playas de Quintana Roo.

a) *Crotalaria pumila*; b) *Scaevola plumieri*; c) en el matorral costero abundan *Ernodea littoralis* y d) *Coccoloba uvifera*; e) Las selvas costeras de Quintana Roo comparten especies con otras selvas costeras de la Península de Yucatán entre ellas *Metopium brownei* y f) *Piscidia piscipula*.
(Fotos: Gerardo Sánchez Vigil).

Flora

La vegetación de dunas costeras se distribuye sobre las playas y dunas, alternando con el manglar a lo largo del estado. El listado de especies se obtuvo consultando los siguientes trabajos: Moreno-Casasola y Espejel (1986), Espejel (1986), Olmsted y Durán (1990) Espejel (1987), Ek Díaz (2011), Espejel et al. (2013).

En las playas son frecuentes *Cakile lanceolata*, *Ambrosia hispida*, *Amaranthus greggii*, *Euphorbia mesembrianthemifolia*, *Suaeda linearis*, *Croton punctatus*, *Sesuvium portulacastrum*, *Ipomoea pes-caprae*, *Sporobolus virginicus*, *Euphorbia dioica*, *Melanthera nivea*, *Crotalaria pumila*, *Vigna elegans*, *Andropogon glomeratus* y *Alternanthera flavescens*.

En el primer cordón de dunas aparecen *Tournefortia gnaphalodes*, *Waltheria indica*, *Cenchrus echinatus*, *Distichlis spicata*, *Cenchrus ciliaris*, *Echites umbellatus*, *Alternanthera flavescens*, *Suriana maritima*, *Cordia sebestena* y *Sideroxylon americanum*, y el cocotero *Cocos nucifera*, mientras que en las crestas están *Pithecellobium keyense*, *Sideroxylon americanum*, *Alternanthera flavescens*, *Metastelma schlechtendalii*, *Echites umbellatus*, *Ipomoea violacea*, *Suriana maritima*, *Hymenocallis littoralis*, *Ambrosia hispida*, *Phyla nodiflora*, *Paspalum blodgettii*, *Panicum amarum*, *Eragrostis prolifera*, *Crotalaria pumila*, *Euphorbia dioica* y *Cordia sebestena* (figura 4).

En las dunas estabilizadas aparecen los arbustos *Coccoloba uvifera*, *Pithecellobium keyense*, *Scaevola plumieri*, *Ernodea littoralis*, *Lantana involucrata*, *Chiococca alba*, *Metopium brownei*, *Suriana maritima*, *Erithalis fruticosa*, *Thevetia gaumeri*, *Manilkara zapota*, *Coccoloba diversifolia*, *Psychotria nervosa*, *Eugenia axillaris*, *Trema micrantha*, la palma *Thrinax radiata*, entre otros. Llegan a formarse matorrales muy densos, casi impenetrables. También están presentes las hierbas *Hymenocallis littoralis*, *Ambrosia hispida*, *Phyla nodiflora*, *Cyperus planifolius*, *Iresine heterophylla*, *Distichlis spicata*, *Euphorbia dioica*, *Ipomoea violacea*, *Commicarpus scandens*, *Eustachys petraea*, *Passiflora foetida*, *Sideroxylon americanum*, *Alternanthera flavescens*, *Metastelma schlechtendalii*, *Echites umbellatus*, *Jacquemontia havanensis*, y *Solanum donianum*.

En las hondonadas inundables se pueden encontrar *Cascabela gaumeri*, *Metopium brownei*, *Manilkara zapota*, *Vitex gaumeri*, *Pithecellobium keyense*, *Thrinax radiata*, *Cocos nucifera* y *Phragmites communis*.

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 estado de conservación de las dunas costeras de Quintana Roo. La gráfica muestra que la mitad de las dunas, incluyendo las semimóviles, se encuentran en muy buenas (34%) y en buenas condiciones (17%) y la otra mitad en malas y muy malas condiciones (26 y 23%).

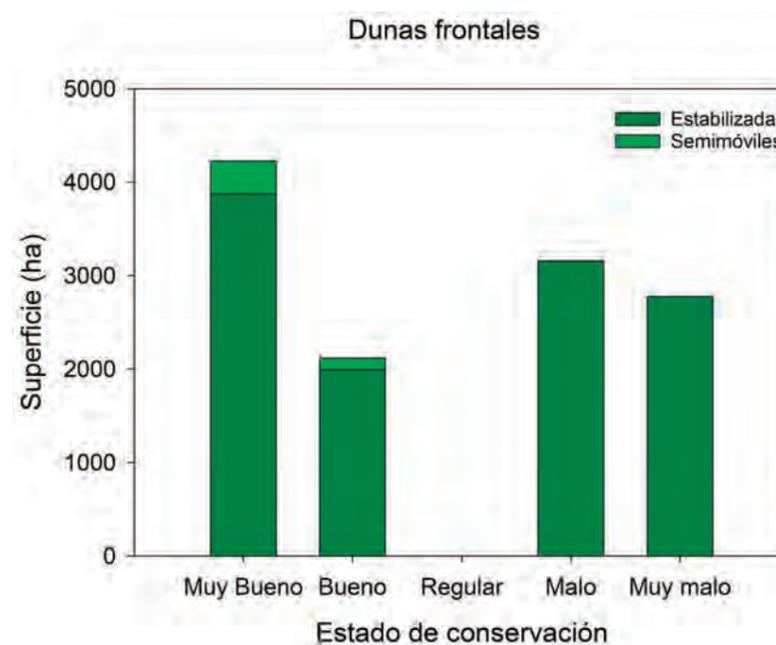
Los espacios protegidos y de importancia biológica

Quintana Roo cuenta con numerosas áreas protegidas y varias reservas costeras importantes, cuatro de ellas reservas de la biosfera (figura 6a) y también cuenta con diversas regiones prioritarias de importancia por su valor biológico (figura 6b).

La Reserva de la Biosfera Sian Ka'an es reconocida como Patrimonio Mundial por la UNESCO, está incorporada al programa "El nombre en la biosfera" (MaB) de la UNESCO, es sitio RAMSAR 1329, Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICA) 179, Región Hidrológica Prioritaria (RHP) 108 y Región Marina Prioritaria (RMP) 65. Se localiza en los municipios de Cozumel y Felipe Carrillo Puerto, presenta vegetación de dunas costeras, selva mediana y baja subperennifolia, selva baja caducifolia, manglar, tinal, marismas, petenes y arrecifes. Las especies de flora representativas para la zona son chechem negro (*Metopium brownei*), chicozapote (*Manilkara zapota*), chaca (*Bursera simarouba*) y dzalam (*Lysiloma latisiliqua*), el habin (*Piscidia piscipula*), el guayabillo (*Piscidium sartorianum*), el ya'xnik (*Vitex gaumeri*), despeinada (*Beaucarnea ameliae*) y

▼ 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 las dunas presentes en el estado de Quintana Roo (dunas frontales y planicies de dunas frontales) y su estado de conservación.

la palma kuka (*Pseudophoenix sargenti*), pucte (*Bucida buceras*) y tinte (*Haematoxylon campechianum*). La fauna está representada por mamíferos como el jaguar (*Panthera onca*), puma (*Pumas concolor*), ocelote (*Leopardus pardalis*), tigrillo (*Leopardus weidii*), leoncillo (*Herpailurus yagouaroundi*), el tapir (*Tapirus bardi*), saraguato (*Alouatta pigra*), venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*), venado temazate (*Mazama americana*) jabalí de labios blancos (*Tayassu pecari*), jabalí de collar (*Pecari tajacu*), tepescuintle (*Agouti paca*), sereque (*Dasyprocta punctata*), taira (*Eira barbara*), oso hormiguero (*Tamandua tetradactyla*), mico de noche (*Potos flavus*) y el manatí (*Trichechus manatus*). Las aves características de la zona son: ibis blanco (*Eudocimus albus*), espátula rosa (*Ajaia ajaia*), flamenco (*Phoenicopterus ruber*), jabirú (*Jabiru mycteria*). Los principales reptiles son: la tortuga blanca (*Chelonia mydas*), la tortuga caguama (*Caretta caretta*), la tortuga Carey (*Eretmochelys imbricata*) y el cocodrilo (*Crocodylus moreletii* y *C. acutus*) (SIMEC, 2013b).

La Reserva de la Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an se localiza frente a la costa de los municipios de Solidaridad y Felipe Carrillo Puerto, junto con la Reserva de la Biósfera de Sian Ka'an conforman el sitio RAMSAR 1329 (SIMEC, 2013a). El diseño de la reserva de Sian Ka'an ha sido considerado ejemplar por los efectos visuales que fueron integrados en su diseño (Mazzotti et al., 2005). Incluye pequeños cayos arenosos. CONABIO enlista para el país 50 sitios prioritarios

de playas arenosas y rocosas, entre los que además de las reservas de biosfera ya mencionados, aparecen varios Parques Nacionales Arrecifales (Arrecifes de Cozumel que incluye el Parque Natural Laguna de Chankanaab, Arrecifes de Xcalak y el complejo Costa Occidental de Isla Mujeres, Punta Cancún y Punta Nizuc), el Parque Nacional Isla Contoy, el Santuario de la Tortuga Marina de X'cabel y las reservas estatales Refugio Estatal de Flora y Fauna Sistema Lagunar Chacmochuch y el Refugio Estatal de Flora y Fauna Laguna Colombia (SEMA 2013, <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/playas.html>).

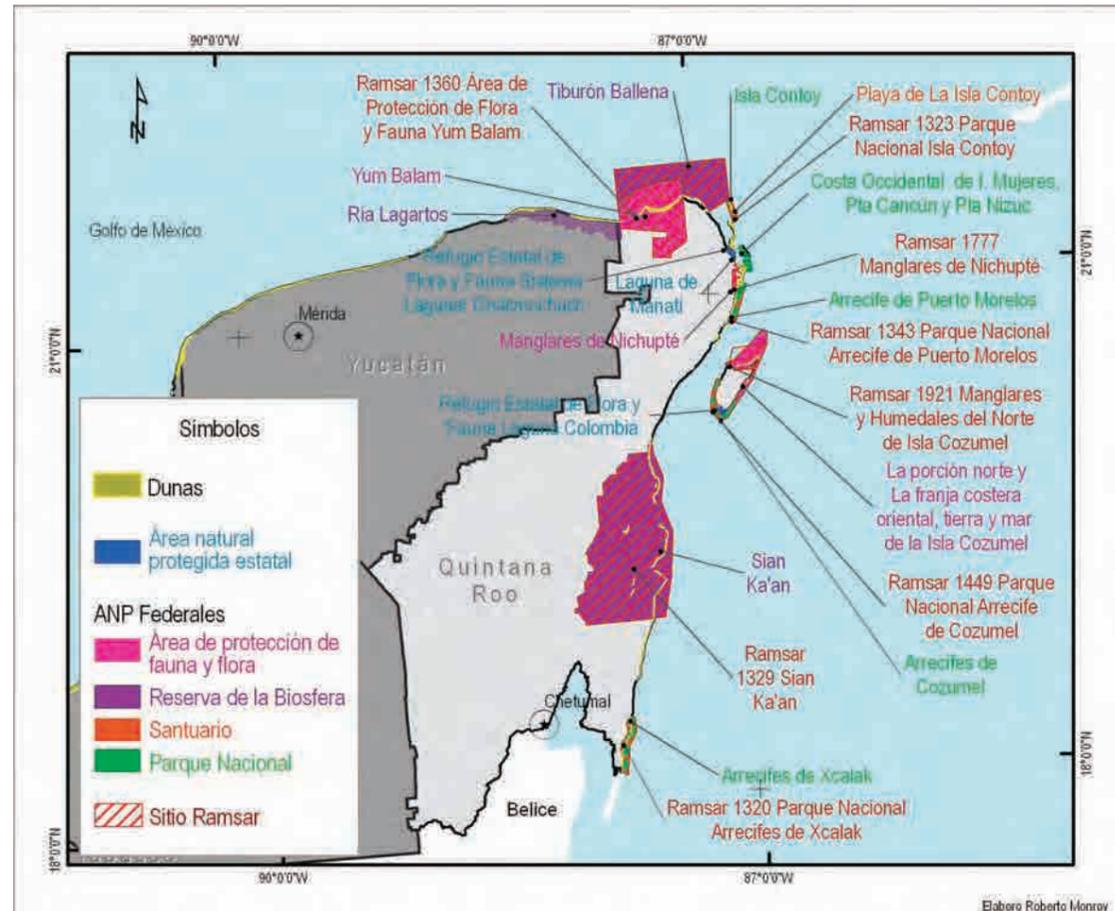
Otros parques nacionales con vegetación costera como manglar, selva baja caducifolia, cocotal, dunas costeras y halófitas se encuentran en Isla Contoy y Tulum el cual forma parte de la Región Hidrológica Prioritaria no 107, y alberga playas y dunas (<http://tulum.conanp.gob.mx/>). El Parque Nacional Isla Contoy es un sitio RAMSAR 1323, AICA 176 y RHP 103; es sitio de anidación y refugio para las aves marinas. Alberga las colonias más importantes de *Pelecanus occidentalis* en la costa oriental de México (70%). También provee de sitios de anidación para otras especies de aves como: *Sterna anaethetus*, *S. antillarum*, *Phalacrocorax auritus*, *Egretta rufescens*, *E. thula*, *E. tricolor* y *Columba leucocephala* (CONABIO 2013b). Incluye vegetación de dunas costeras, entre ellas zonas de pioneras y matorrales costeros algunos de ellos con elementos de selva baja. Entre las especies están *Gymnopodium floribundum*, *Opuntia stricta*, *Coccoloba uvifera* y *Cordia sebestena*. El Área de Protección de Flora y Fauna (APFF) Franja Costera Oriental, Terrestres y Marinas de la Isla de Cozumel (AICA 178, RHP 106, RMP 69), también incluye un área de dunas costeras. La APFF Yum Balam también tiene la categoría de sitio RAMSAR 1360 y AICA 187 e incluye en su territorio la isla de barrera de Holbox (CONABIO 2013a, CONABIO 2013b, RAMSAR-CONANP, 2013).

Con la categoría de Santuario se encuentra Playa de la Isla Contoy y con categoría de sitio RAMSAR son reconocidas: Playa Tortuguera X'cabel-X'cabelito (RAMSAR 1351) y Manglares y Humedales del Norte de Isla Cozumel (RAMSAR 1921) (RAMSAR-CONANP, 2013).

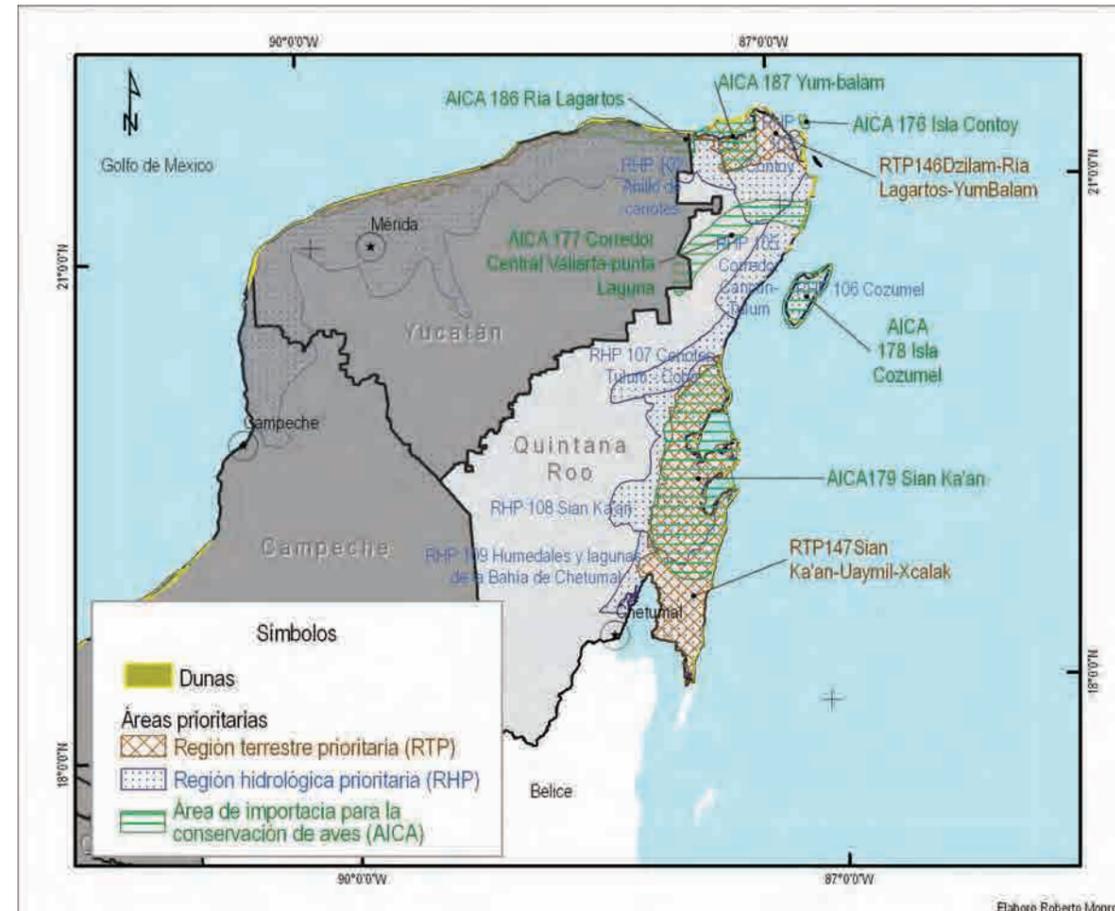
La CONABIO (2013a) reconoce regiones prioritarias hidrológicas por su alta diversidad y por ser consideradas regiones amenazadas como: Isla Mujeres (RHP 104), Laguna Chichancanab (RHP 99), Corredor Cancún-Tulum (RHP 105), Cenotes Tulum-Cobá (RHP107), Humedales y lagunas de la Bahía de Chetumal (RHP 109 y RMP 66) y Río Hondo (RHP 110 y Región terrestre prioritaria (RTP) 148). Entre las RTP se localiza el complejo Sian Ka'an-Uajmil-Xcalak (RTP 147), Zonas forestales de Quintana Roo (RTP 149) y las compartida entre Campeche y Quintana Roo que son Sur del Punto Put (RTP 150) y Silvituc-Calakmul (RTP 151) (CONABIO, 2013a). Las RMP, además de las ya mencionadas, son: Punta Maroma-Nizuc (RMP 63), Tulum-Xpuha (RMP 64), Xcalac-Majahual (RMP67) y Arrow Smith (RMP 68) (CONABIO, 2013a). Varias de ellas incluyen vegetación de playas y/o dunas costeras.

A nivel estatal se reconoce la categoría de parque el Parque Laguna de Bacalar (SEMA, 2013).





▲ a)



▲ b)

▲ figura 6.

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

Problemática y diagnóstico

Quintana Roo es uno de los estados con un litoral más extenso y el que mayor presión de desarrollo turístico presenta hoy en día. Se ubica en una de las regiones donde mayor impacto han tenido los huracanes y donde la erosión de la playa está provocando fuertes pérdidas económicas. La costa es frágil pues en su mayor parte son islas de barrera o playas bordeadas tierra adentro por humedales, tanto manglares como humedales de agua dulce.

Usos del suelo

Los mapas de la figura 7 muestran dos ejemplos de la distribución de las dunas frontales y el uso del suelo en la zona. En la costa norte y en Isla Holbox donde se mantiene la misma orientación del litoral del estado de Yucatán, puede verse que la vegetación

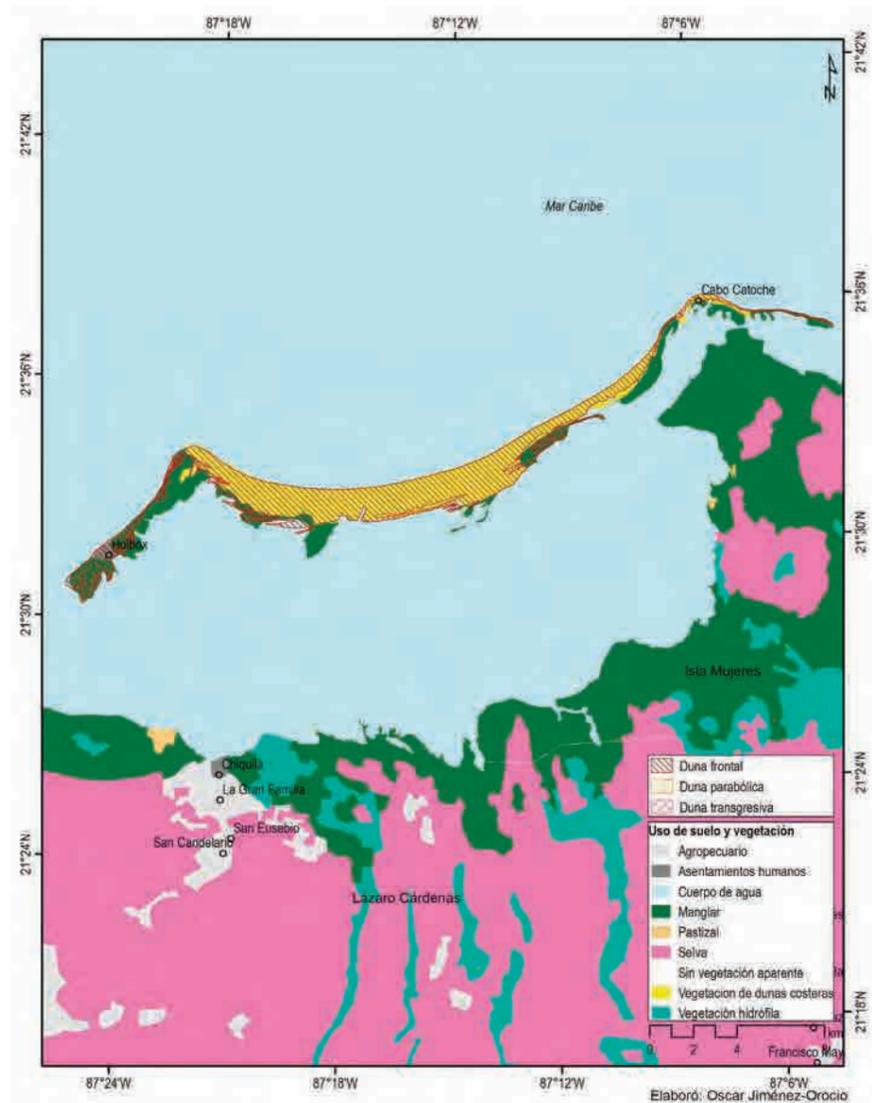
de pioneras y matorrales cubre las dunas frontales y las planicies de dunas, y solo en una pequeña zona se ubica un asentamiento y un área de dunas mezclada con manglares (figura 7a). En la región al norte de Cancún y en el propio desarrollo turístico, puede verse como en el primer caso las dunas frontales presentan la vegetación propia de dunas, mientras en la isla de barrera de la zona sur, las dunas están totalmente ocupadas por Cancún (figura 7b). En ambas zonas hay un área donde las dunas se intercalan con el manglar. Estas imágenes muestran dos formas de uso de las dunas costeras.

La figura 8 muestra el porcentaje de la superficie de dunas costeras en cada una de las cinco categorías de conservación. La gráfica muestra que el 34% de las dunas se encuentra en estado natural, es decir en muy buenas condiciones, el 17% en buen estado ya que hay cierta fragmentación del ecosistema por el paso de carreteras y caminos principalmente o tala de la selva. El resto de las dunas está en mal estado de conservación (26%) y en muy mal estado (23%), debido en el primer caso a una combinación de usos agropecuarios, fragmentación y asentamientos urbanos y turísticos, y en el segundo caso por la sustitución de las dunas por el uso urbano y turístico. Esto significa

que actualmente en el estado la mitad de las dunas requieren restauración activa o bien que el deterioro es tal que la restauración ya no es posible. La otra mitad solo requiere restauración pasiva y/o una estrategia estatal de conservación, permitiendo que los ecosistemas naturales se regeneren naturalmente conforme las presiones humanas son controladas o retiradas.

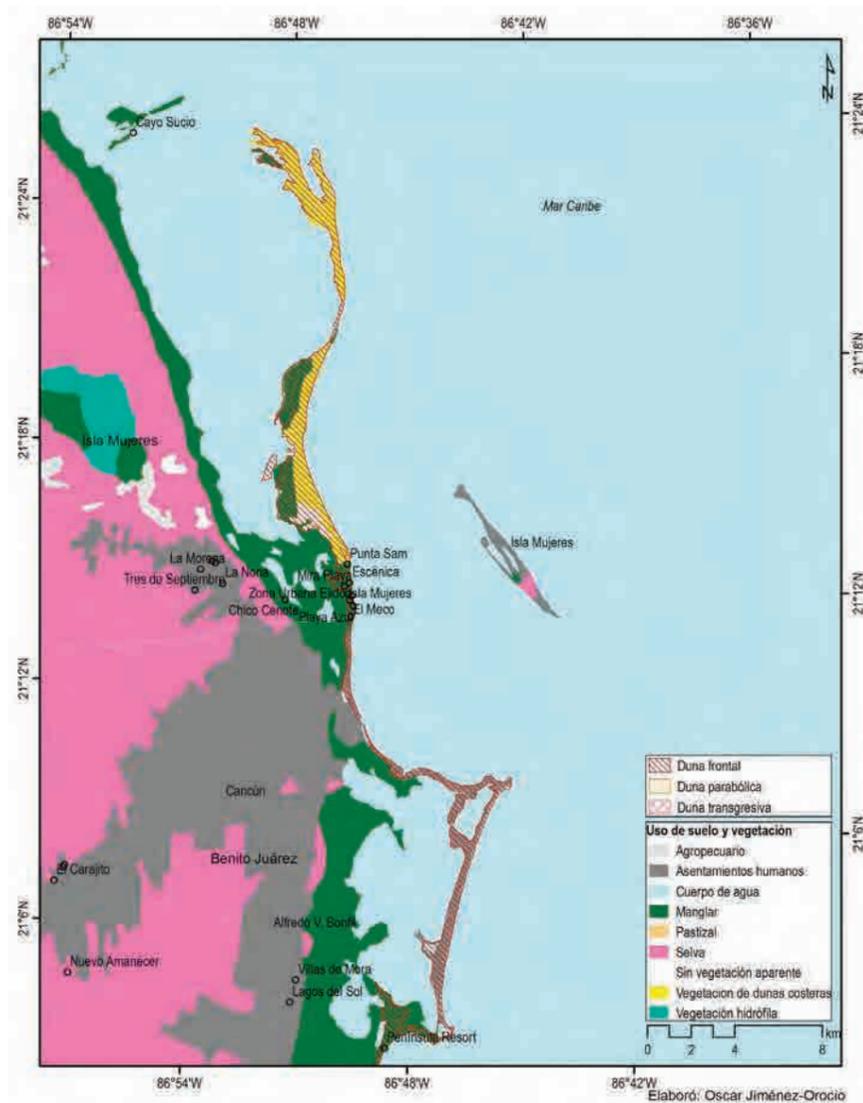
Geomorfología, biodiversidad y vegetación

La Península de Yucatán difiere del resto del país por ser una placa cárstica, lo cual le confiere a sus costas y a la vegetación que se establece en ellas, características particulares. Las arenas son fundamentalmente calcáreas y hay zonas en que afloran las costas rocosas, como en el litoral de Quintana Roo donde se intercalan las zonas arenosas con zonas rocosas que comparten algunas especies de pioneras. En las zonas rocosas muchas de estas especies crecen de forma achaparrada en pequeñas oquedades. En gran parte del litoral, detrás de un delgado cordón de dunas se establecen humedales.



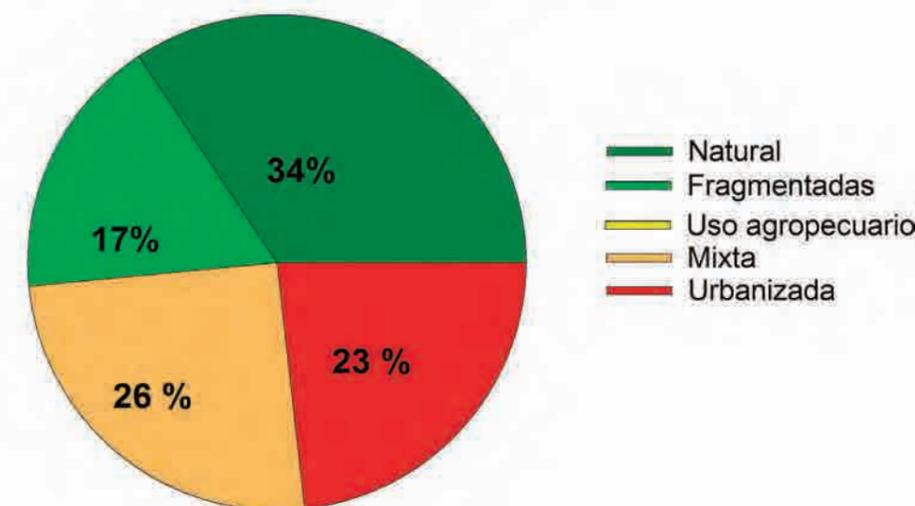
▲ a) ▲ figura 7 a y b.

Imágenes que muestran las dunas frontales de la región al norte del estado, donde se ubica la Isla de Holbox, ubicado frente al poblado de Chiquilá, cerca del poblado de Lázaro Cárdenas y de Isla Mujeres (que es diferente a la propia isla) (a) y la región de Cancún (b).



▲ b)

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 Quintana Roo.

lo contrario. Estos últimos representan una aproximación más sustentable, que mantiene elementos de la vegetación costera y evita la erosión o por lo menos la retrasan, i.e. Hotel Mayacoba.

La población asentada sobre dunas es alta y suma poco más de 600,000 habitantes en zonas sobre la costa incluyendo zonas tierra adentro. Es decir que no toda esta población vive sobre dunas. La población rural es mucho menor, sumando poco más de 3,000 habitantes. Quintana Roo ocupa el tercer lugar del país en cuestión de zonas urbanas en la costa y en las dunas costeras.

Infraestructura costera

En el municipio de Cozumel existe una cantera de donde se extrae piedra caliza desde 1986. Este material se extrae para la construcción en México y en Estados Unidos (http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-10942857_ITM).

La principal infraestructura portuaria que existe está ligada al turismo. Existen muelles para yates y para cruceros en la isla de Cozumel y en Mahahual, en el sur del estado. En las zonas donde hay infraestructura para el turismo se han construido muelles y debido a la erosión, se han desarrollado de manera desordenada construcciones de las llamadas estructuras de protección como son espigones y muros de contención. Algunos hoteles están utilizando arrecifes artificiales para reducir la erosión de la playa y de las dunas. Las obras portuarias de protección suman 949 m. De éstos, 400 son rompeolas, 186 escolleras, 300 espigones y 63 protecciones marginales. Las obras de atraque suman un total de 25.3 km.

Desde el punto de vista biogeográfico y de diversidad, el estado de Quintana Roo, es mucho más caribeño que el de Yucatán haciendo de la vegetación costera una mezcla florística muy diferente al resto del país (Espejel, 1987; Estrada-Loera, 1991).

Agricultura

En la costa de Quintana Roo se sembraron grandes superficies de cocotales que han cedido espacio a los desarrollos turísticos y quedan como remanentes en los jardines. Los cocotales históricamente fueron los primeros sustitutos de la vegetación nativa de dunas.

Desarrollos turísticos y urbanos

Quintana Roo tiene uno de los litorales con mayor desarrollo turístico a lo largo de la costa. Hay poblados que crecieron convirtiéndose en zonas turísticas como Playa del Carmen, Bacalar, Puerto Morelos, Cozumel; un desarrollo integral de FONATUR que se ancló en el poblado de Benito Juárez para formar Cancún y un corredor continuo, casi lineal que es el corredor Cancún-Tulum. A pesar de ser un área protegida, en las dunas de Sian Ka'an también se está incrementando la construcción de casas y hoteles.

A lo largo del corredor Cancún-Tulum hay predios alargados que inician en la playa y terminan en la carretera y en ellos pueden encontrarse dos estrategias de construcción: algunos con el hotel sobre la playa y los jardines y alberca hacia la carretera y otros



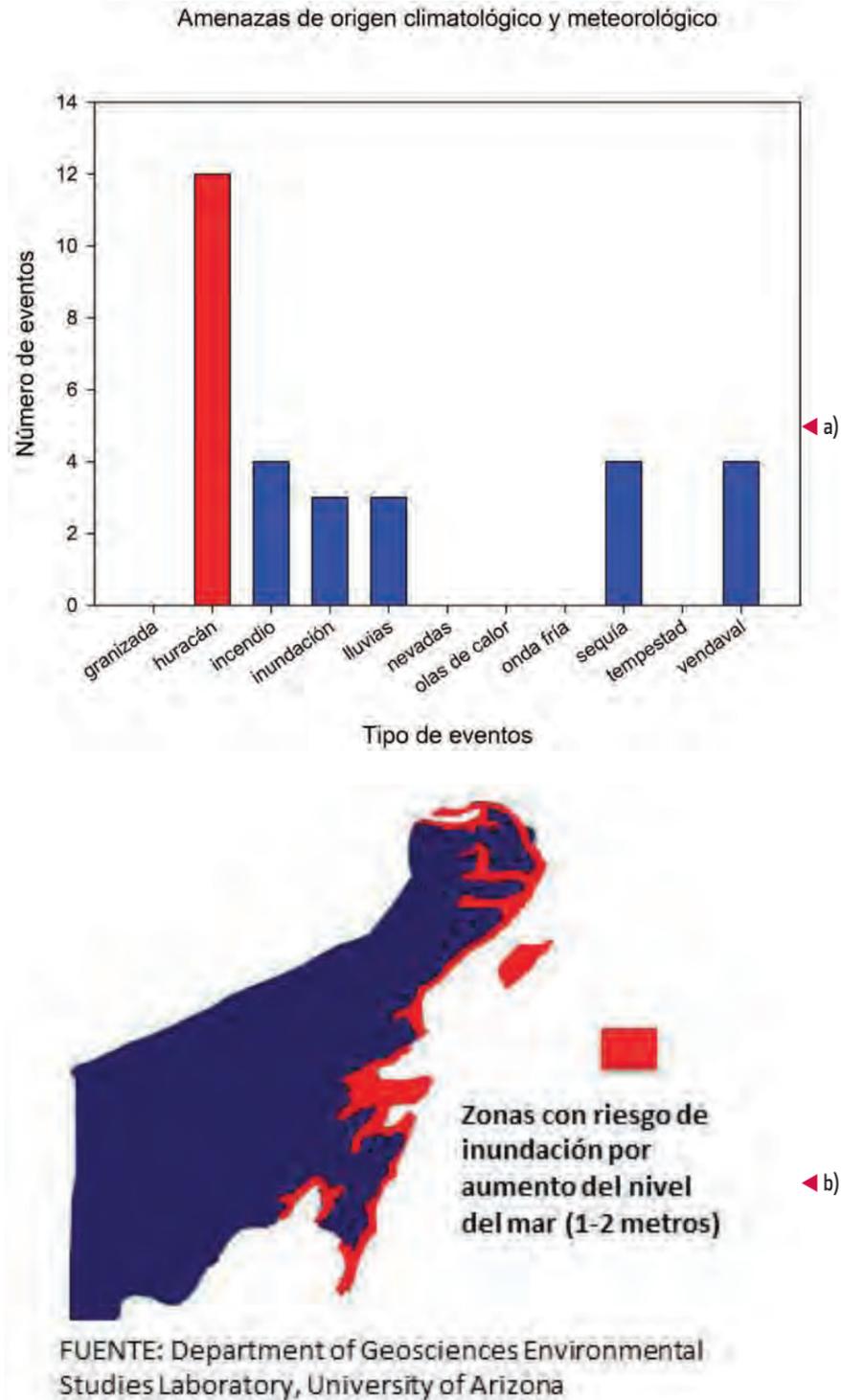
▲ figura 9.
Imágenes de las playas erosionadas de Quintana Roo.
Es un problema que se presenta en todo el estado.
(Fotos: Gerardo Sánchez Vigil).

Erosión

Existe un problema importante de erosión en el estado de Quintana Roo, que se ve acrecentado por ser una región donde inciden huracanes que de manera natural mueven la arena y no se permite que transcurra el tiempo necesario para la recuperación natural, debido al intenso uso turístico de las playas. Guido Aldana et al. (2009) analizaron las causas de la erosión en Cancún y la Riviera Maya concluyendo que son tanto de origen natural (interacción de procesos climáticos, meteorológicos, hidrodinámicos y sedimentarios con la morfología costera) como antropogénicos (ocupación de la duna litoral por parte de particulares, construcción desordenada de obras de protección). La erosión se ha acentuado en otras partes del estado por las malas decisiones de construcción, que han ocupado los primeros cordones de dunas que protegen de los vientos y oleaje de tormenta y que devuelve arena a las playas y por la construcción de estructuras consideradas de protección como los muros de contención (figura 9). Las playas de Cancún reciben anualmente rellenos de arena para mantener el atractivo turístico (Ruiz-Martínez et al., 2008; Diez et al., 2009; Silva-Casarín et al., 2012; González-Leija et al., 2013).

Vulnerabilidad ante el cambio climático

El Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC-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. El INECC clasificó estos eventos en ocho categorías que aparecen en la figura 10a y el



▲ figura 10.
a) La figura muestra los desastres hidrometeorológicos entre 1980 y 2001 en el estado de Quintana Roo, sobresaliendo los huracanes por su magnitud.
b) Se muestran las zonas de la costa del estado con riesgo de inundación por aumento del nivel del mar, estando todo el litoral del estado con alto riesgo y sobre todo las islas. Esta información fue tomada y redibujada de http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/estados.html.

análisis se realizó para el periodo entre 1980 y 2001. No hubo registro de granizadas, nevadas, olas de calor, ondas frías o tempestades por lo que no aparecen en las gráficas. Muchos de estos eventos constituyen desastres de carácter hidrometeorológico, siendo los principales los huracanes (doce eventos registrados), seguidos pero con menor importancia por los vendavales, los incendios y las sequías (figura 10a). Toda la zona costera está bajo riesgo de incremento del nivel del mar lo cual coloca al estado en condiciones de gran vulnerabilidad (figura 10b), sobre todo la isla de Cozumel. Las zonas más vulnerables son las bahías de Sian Ka'an y Chetumal. Las principales amenazas son los huracanes y los eventos extremos de precipitación. El estado tiene una disponibilidad media de agua y el grado de presión es escaso (6%). (http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/estados.html).

Recomendaciones y planes de manejo

Quintana Roo tiene una gran presión para el desarrollo de sus costas, las cuales por su ubicación, representan también ecosistemas de gran valor no solo por el interés de los visitantes, sino también por los servicios ambientales que prestan. Las playas y dunas, junto con los manglares, arrecifes y praderas de pastos marinos son un invaluable capital natural. Ello requiere de un ordenamiento de la zona costera, de una planeación bajo una visión de manejo costero integral y planes de manejo específicos para las distintas regiones y ecosistemas tomando en cuenta sus particularidades (Moreno-Casasola et al., 2006). 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. Para que el estado de Quintana Roo logre un desarrollo económico y social, sin deteriorar sus ecosistemas de dunas costeras, se recomienda:

Hacer válidos sus múltiples ordenamientos de la zona costera, entre los cuales hay muchos que han sido desarrollados sobre bases técnicas sólidas que valoran tanto los ecosistemas costeros como el desarrollo económico pero que no han sido consensuados entre todos los sectores de la población.

Revalorar las estrategias de construcción de hoteles a la luz de los escenarios de erosión e impacto de huracanes que ocurren en la península, y con base en ellos sentar las bases de las nuevas construcciones y de las reconstrucciones de infraestructura dañada. Cancún es un ejemplo mundial de lo que significa la pérdida de dunas costeras, es una lección que debe ser difundida y considerada para dejar de poner en riesgo la infraestructura y los habitantes. Sería conveniente adoptar medidas radicales como hizo España en sus costas al tirar hoteles y movilizar a la población y al turismo a sitios más protegidos entre otras medidas legales y administrativas (García et al., 2003; Ivars Baidal, 2004).

Se recomienda impulsar actividades de turismo alternativo, que involucran desde turismo rural, ecoturismo, deportes acuáticos y caminatas, entre otros muchos. La gran cantidad de áreas protegidas en el estado permite promover estos desarrollos alternativos que involucran a los pobladores locales, sus formas de vida y su conocimiento. Ejemplo de ello es la Reserva de Sian Ka'an, una de las más conocidas a nivel internacional (figura 11).

Actualmente en el estado, la mitad de las dunas requieren restauración activa (o bien el grado de deterioro es tal que ya es imposible cualquier acción de restauración). La otra mitad sólo requiere restauración pasiva y/o una estrategia estatal de conservación. Es decir, estos ecosistemas tienen el potencial de regenerarse de manera natural si se eliminan o controlan los impactos antrópicos. Para ello, es importante contar con viveros de especies de plantas de dunas nativas, muchas de ellas leñosas, para restaurar y reforestar las dunas. En especial las palmas tienen un uso ornamental para los desarrollos urbanos y turísticos; reproducir palmas como la Kuka o *Pseudophoenix sargentii* sería una contribución a la estética de las ciudades del Caribe mexicano (ya Cancún tienen muchos camellones sembrados con dicha palmera) y a la conservación de una especie amenazada de extinción (Durán, 1992 y 1995). En los textos para la fundación de Sian Ka'an, se proponían jardines de plantas de dunas ornamentales que solo algunos hoteles han seguido, donde se distingue el complejo Mayacoba al sur de Cancún (<http://www.ohdesarrollos.com/Plantillas/SuperPlantilla.aspx?IdA=121&IdF=368&idM=924&nvl=1&lan=en>). Hasta la fecha se han restaurado algunas playas y dunas con *Canavalia rosea* con mucho éxito según los responsables de ese proyecto en dicho complejo turístico (Velázquez, com. pers.).



► figura 11.

El turismo alternativo involucra diversas actividades recreativas que no perjudican el ambiente y generan ingresos para el estado y los pobladores locales. (Foto: Gerardo Sánchez Vigil).

Referencias bibliográficas

- CONABIO (Comisión Nacional para la conservación y el uso de la Biodiversidad). 2013a. Áreas Prioritarias de Conservación. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/regionalizacion/doc-tos/rhp_098.html
- CONABIO (Comisión Nacional para la conservación y el uso de la Biodiversidad) 2013b. Avesmx. http://avesmx.conabio.gob.mx/lista_region?tipo=aica Fecha de consulta 13 08 2013.
- Diez, J. J., Esteban, M. D., y Paz, R. M. 2009. Cancun-Nizuc Coastal Barrier. *Journal of Coastal Research* 25: 57-68.
- Durán, R. 1992. Estudio demográfico de *Pseudophoenix sargentii*. *Bull. Inst. fr. Études Andines* 21(2): 609-621.
- Durán, R. 1995. *Pseudophoenix sargentii*: an endangered palm species. *Principes* 39(4): 219-224.
- Ek Díaz, A. 2011. Vegetación. En: Pozo, C., Armijo Canto, N. y Calmé, S. (eds). *Riqueza Biológica de Quintana Roo. Un análisis para su conservación*, Tomo I. El Colegio de la Frontera Sur (Ecosur), Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio), Gobierno del Estado de Quintana Roo y Programa de Pequeñas Donaciones (Ppd). México, D. F. pp. 42-49.
- Ivars Baidal, J. A. 2004. Regional tourism planning in Spain: evolution and perspectives. *Annals of Tourism Research* 31(2): 313-333.
- Mazzotti, F. J., Fling, H. E., Merediz, G., Lazcano, M., Lasch, C., y Barnes, T. 2005. Conceptual ecological model of the Sian Ka'an Biosphere Reserve, Quintana Roo, Mexico. *Wetlands* 25(4): 980-997.
- Merino, M. 1987. The coastal zone of Mexico. *Coastal Management* 15(1): 27-42.
- 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., Peresbarbosa, E. y Travieso-Bello, A.C. (eds). 2006. *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. Volumen I, II y III. 1251 pp (<http://www1.inecol.edu.mx/costasustentable/esp/documentos/publicacionestxt.htm#Libros>)
- Olmsted, I., y Duran, R. 1990. Vegetación de Sian Ka'an. *Diversidad biológica de la Reserva de la Biosfera de Sian Ka'an, Quintana Roo, México*. Centro de Investigaciones de Quintana Roo, Quintana Roo, 1-12.
- 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.
- RAMSAR-CONANP 2013. Humedales de México. <http://ramsar.conanp.gob.mx/lsr.php> Fecha de consulta 15 08 2013.
- Ruiz-Martínez, G., Mendoza-Baldwin, E. y Silva-Casarín, R. 2008. Physical characterizations of sands and their influence in fall velocity. *American Journal of Environmental Sciences* 4(3): 238.
- SEMA (Secretaría de medio ambiente) 2013. Quintana Roo. <http://sema.qroo.gob.mx/index.php/quienes-somos/descargas-publico/category/7-anp>
- 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/janium-bin/janium_login_opac.pl?find&ficha_no=225712
- Silva-Casarín, R., Ruiz-Martínez, G., Mariño-Tapia, I., Posada-Vargas, 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.
- SIMEC (Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación) 2013a. Ficha de la Reserva de Biosfera Arrecifes de Sian Ka'an https://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=145
- SIMEC (Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación). 2013b. Ficha de la Reserva de Biosfera Sian Ka'an https://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=158
- Wilson, J. L., Ward, W. C., y Brady, M. J. 1970. Northeast Yucatan, Mexico; a new area opens for study of carbonate-evaporite sediments. *Journal of Sedimentary Research* 40(2): 745-749.

Colaboradores de la ficha

Merari Ferrer

Agradecimientos

A GPPA (Consultores en Gestión, Política y Planificación Ambiental) por su ayuda en la solicitud de permiso para acceder a predios de zona la zona hotelera.