

Baja California

El clima costero

Sistema hidrográfico

Los paisajes de las playas y dunas

Tipos de dunas y extensión

Tipo de arena

Flora

Golfo de California: desierto de San Felipe

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 (acuacultura)

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

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

El estado de Baja California se encuentra ubicado en el extremo más noroccidental de la República Mexicana. Colinda al norte con el estado de California en los Estados Unidos de América, al sur con el estado de Baja California Sur, al este con el estado de Sonora y Golfo de California y al oeste con el Océano Pacífico. Abarca una extensión territorial de 69,921 km² correspondiente al 3.7% de la superficie total del país, lo que lo ubica en duodécimo lugar entre las entidades federativas y como el primero de los estados costeros. Cuenta con un litoral de 1,555 km de los cuales 720 km dan al Océano Pacífico y 560 km al Golfo de California.

Geopolíticamente la costa del estado tiene cinco municipios: Mexicali con litoral en el Golfo de California; Tijuana y Rosarito ambos con litoral en el Pacífico norte y Ensenada con litoral en ambos mares. Dentro de poco se creará un nuevo municipio en San Quintín con vertiente al Pacífico. A pesar de fragmentarse, Ensenada seguirá siendo el municipio más grande con frente de costa en ambos litorales. El estado pertenece a la región del país que menos vegetación de dunas ha perdido (Seingier et al., 2009).

► El clima costero

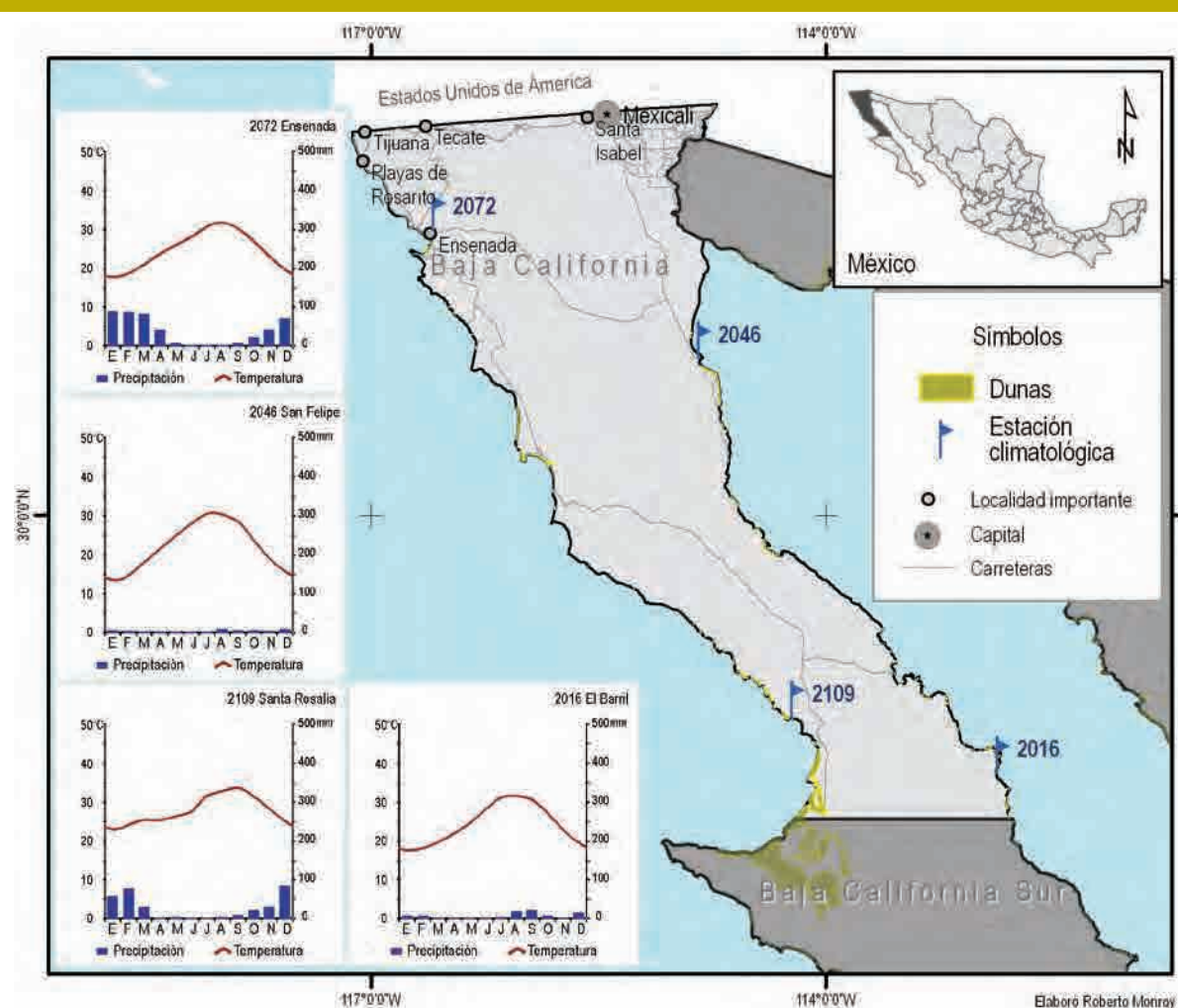
El estado de Baja California es una de las entidades que presenta menor precipitación pluvial de las costas mexicanas. El 60% del territorio estatal registra una precipitación menor a los 100 mm anuales y se conocen como desierto central y desierto de San Felipe, uno de los más calientes y secos de Norteamérica con temperaturas de más de 50°C y menos de 50 mm de precipitación y puede haber varios años sin lluvia. El 40% del estado es semiseco con precipitaciones de 250 mm (figura 1), con lluvias en invierno y se denomina tipo mediterráneo (González-Abraham et al., 2010). Aunque no llueve cada año, cuando llueve la precipitación es torrencial, causando inundaciones y desastres humanos. En esos días de lluvia, los arroyos se vuelven ríos y acarrean grandes cantidades de sedimentos que posteriormente alimentan a las playas y dunas.

Las tormentas tropicales y los huracanes tienen un impacto bajo en Baja California, ya que en 50 años, tres tormentas tropicales y un huracán han hecho tierra directamente en las costas de este estado (ver capítulo 4).

► Sistema hidrográfico

Por el clima y debido a las condiciones geológicas adversas, los acuíferos permeables son de espesores reducidos y no permiten grandes recargas. Cuando ocurren precipitaciones extraordinarias, los excedentes de agua fluyen en forma de escurrimientos superficiales o por flujo subterráneo hacia el mar.

El estado presenta una amplia red hidrológica pero de afluentes intermitentes que desembocan al Pacífico, como el río Tijuana y los arroyos Guadalupe, Las Palmas, Santo



▲ **figura 1.** Climogramas que muestran la precipitación y su distribución, así como las temperaturas que se encuentran a lo largo de la costa de Baja California. El climograma de las diferentes localidades muestra que la mayor precipitación se produce en los meses de invierno, excepto en El Barril, con lluvias en el verano, igual que en el resto del país.

Tomás, San Vicente, San Telmo, San Carlos, Santo Domingo y El Rosario. Hay tres presas principales de almacenamiento para las principales ciudades costeras que son la presa Abelardo L. Rodríguez en Tijuana, Emilio López Zamora en Ensenada, y El Carrizo en Tecate, además de varios represamientos en los demás arroyos donde hay poblados y agricultura, especialmente en la zona mediterránea.

Las lagunas costeras tienen sistemas de barras arenosas muy importantes porque contienen y dan forma a las lagunas y esteros además de que protegen los recursos marinos que en ellas se desarrollan. Destacan en el Pacífico La Salina, Bahía de Todos Santos, Estero de Punta Banda, Bahía Soledad, Bahía Camalú, Laguna Figueroa, Laguna Vicente Guerrero, Bahía San Quintín, Bahía El Rosario, Bahía de Santa Rosalía y Laguna Manuela. Las del Golfo de California son el Estuario del río Colorado, Boca La Bolsa, Bahía de San Felipe, Laguna Percebú, Bahía Willard, Bahía de San Luis Gonzaga, Bahía Guadalupe y Bahía de Los Ángeles.

► Los paisajes de las playas y dunas

El origen de esta costa corresponde a levantamientos tectónicos, evidenciada por la serie de terrazas marinas expuestas en diversas partes de la costa. Está compuesta por costas mixtas rocosas, alternadas con playas arenosas. Hay evidencias de acreción en las islas de barrera y en las barras arenosas (Ortiz Pérez y de la Lanza-Espino, 2006). Los trabajos de regionalización costera de los autores antes mencionados consideran dos regiones para el Estado. La primera corresponde al litoral del Pacífico y se denomina Costa del Pacífico Noroccidental y la segunda se llama Región del Alto Golfo y está formada por el litoral de Baja California y de Sonora, en el Golfo de California. La costa se encuentra expuesta al oleaje distante u oceánico de forma constante, con olas que varían entre tres y cuatro metros de altura, es decir oleaje de alta energía física que ha ido modelando la costa.

La región del Alto Golfo tiene como sello distintivo un clima muy árido con precipitación escasa todo el año de menos de 300 mm al año. Destaca en la parte norte la desembocadura del río Colorado y desde el punto de vista geomorfológico las costas

consisten de playas bajas arenosas. Se extienden entre amplias planicies de marea, deltaicas y de campos de dunas con playas que rodean casi por completo el extremo septentrional del Golfo. Las costas rocosas sólo se presentan en trechos cortos de salientes de puntas rocosas.

Hay numerosas islas con playas y algunas con dunas costeras. Isla Guadalupe es el mayor territorio insular mexicano más alejado de la capital del país. Entre las mas importantes están Isla Cedro, Islas San Benito, Islas de Todos Santos, Archipiélago de San Lorenzo, Isla Ángel de la Guarda, Isla San Luis, Islas Coronado entre otras. En general las islas son rocosas, con cantiles pronunciados y algunas playas arenosas sin dunas de gran tamaño como ocurre en el territorio peninsular.

Tipos de dunas y extensión

Las dunas costeras de Baja California suman un total de 28,014 ha, y éstas son de diferentes tipos: frontales, parabólicas y transgresivas (Cuadro 1). Las dunas que cubren una mayor superficie en Baja California son las transgresivas (que corresponden al 87% estatal), seguidas por las dunas parabólicas (7%) y las dunas frontales (6%), que son las más escasas. Las dunas del estado presentan poca o nula cubierta vegetal,

► Cuadro 1. Superficie de las dunas costeras frontales del estado de Baja California, según su grado de movilidad y estado de conservación. Las categorías para determinar el estado de conservación se describen en el cuadro 2.

por lo que se consideran semimóviles o móviles respectivamente. La mayoría de las dunas frontales y todas las dunas parabólicas están parcialmente cubiertas de vegetación. Una gran extensión de dunas transgresivas (24,410 ha) carecen de vegetación y por lo tanto están móviles (Cuadro 1).

A nivel nacional, Baja California ocupa el tercer lugar en cuanto a extensión de dunas parabólicas y el quinto en lo referente a las dunas transgresivas.

Es el noveno en cuanto a extensión total de dunas costeras. Las dunas frontales están ubicadas principalmente en los municipios de Ensenada y Mexicali, y las semimóviles son las más abundantes. Las dunas parabólicas se encuentran en Ensenada; todas son semimóviles. Las transgresivas se localizan en Ensenada, Mexicali y Playas de Rosarito, siendo la mayoría móviles.

► Tipo de arena

Una de las muestras representativas de arenas de Baja California en el litoral Pacífico es la proveniente de las dunas arenosas de la Barra de Eréndira. El tamaño de la arena es de una media de 2.28 mm, el cual se encuentra clasificado en arenas medias con un tamaño medio de grano que va de los 0.05-0.2 mm, bien clasificados y no incluye arcillas. Este tipo de arenas no presentan contenido de carbonatos (restos de conchas), con presencia de poca a moderada materia orgánica y sin presencia de limos y arcillas. La coloración de arena es beige claro, lo cual indica la presencia de cuarzos y feldespatos potásicos. Se clasifica como una arena cuarzosa y feldespática, con un bajo contenido de minerales densos, moderadamente sorteada (figura 2).

► Flora

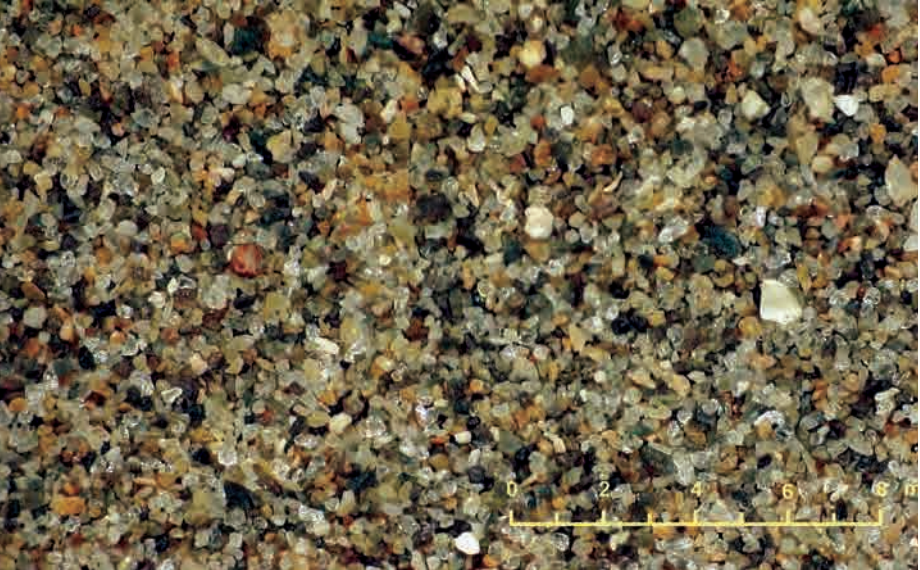
Los datos de flora están tomados de Wiggins (1980); Johnson (1977); Delgadillo (1992); Vanderplank (2011); Rebman (2011); Rodríguez Revelo (2012) y Espejel et al. (2013). La flora de Baja California representa un gradiente de perturbación-conservación que comienza con una zona altamente urbanizada en la frontera con California, Tijuana, en el Pacífico y Mexicali-San Felipe en el Golfo de California y termina en el área protegida de flora y fauna Valle de Los Cirios (Espejel et al., 2001) (figura 3).

Tipo de duna	Movilidad	Estado de conservación (ha)					Total estatal
		Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy malo	
Duna frontal	Estabilizada	123					123
	Semi-móvil	671	266		31	74	1,042
	Móvil	495	48				543
TOTAL duna frontal		1,289	314		31	74	1,707
Parabólica	Semi-móvil	106	1,790				1,896
TOTAL parabólica		106	1,790				1,896
Transgresivas	Estabilizada		61				61
	Semi-móvil	384	554		214		1,153
	Móvil	22,296	341		559		23,196
TOTAL transgresivas		22,680	956		773		24,410
TOTAL ESTATAL		24,075	3,060		804	74	28,014

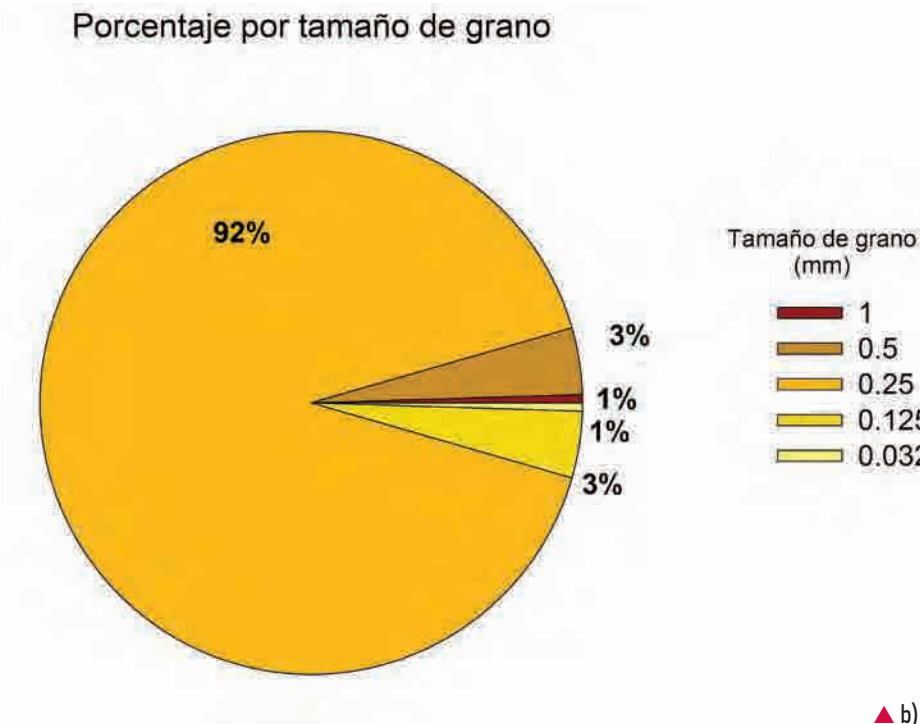
Los dos o tres cordones de dunas frontales en toda la zona mediterránea del estado generalmente están cubiertas por especies como *Cakile* spp. en la playa, *Abronia maritima* y *Helianthus niveus* en las crestas y laderas de las dunas.

Las dunas que siguen hacia el sur, de Santo Tomás a El Rosario, se mezclan con el matorral costero en pequeños sistemas de dunas transgresivas, casi siempre fijas, donde domina *Abronia maritima*, *Helianthus niveus*, *Isocoma menziesii* entre muchas otras. Destacan por sobre todas las playas y dunas, las de la Bahía de San Quintín con una flora muy rica porque se encuentra en el ecotono entre la zona mediterránea y la desértica. San Quintín es una zona de alta diversidad florística donde las dunas juegan un papel de suma importancia por su endemismo o casi endemismo (Vanderplank, 2011). El sistema de dunas fue estudiado con profundidad y de manera integrada por Rodríguez-Revelo (2012).

Las especies importantes son *Haplopappus berberidis*, *Hazardia squarrosus*, *Helianthus niveus*, *Mammillaria dioica*, *Opuntia cholla*, *Atriplex leucophylla*, *Croton californicus*, *Euphorbia micromera*, *Euphorbia misera*, *Frankenia palmeri*, *Frankenia salina*, *As-tragalus anemophilus*, *Acmispon distichus*, *Abronia maritima*, *Camissonia cheiranthifolia*, *Camissonia crassifolia*, *Nemacaulis denudata* y *Lycium brevipes*, todas ellas especies nativas que se comparten con el estado de California, en Estados Unidos. Como el sistema de dunas está rodeado de campos agrícolas, caminos y algunos poblados, es posible encontrar especies introducidas como *Schismus barbatus*, *Carpobrotus* spp., *Bromus madritensis rubens*, *Brassica tournefortii* y *Sonchus asper* entre otras (figura 4).



▲ a)



▲ b)

▲ figura 2. a) Arena de la playa de la Barra de Eréndira y b) Clasificación de los granos de arena según su tamaño. (Foto: G. Rendón-Márquez y N. Rodríguez-Revelo)

► figura 3. Dunas muy deterioradas de la región norte, en El Descanso. (Foto: Gerardo Sánchez Vigil).



En la zona de Punta Piedra, se produce el cambio del clima mediterráneo al desértico, y la vegetación de las dunas empieza a mezclarse con matorrales xerófitos del Desierto Central. En estas playas, *Abronia maritima* se mezcla con diversas especies de *Atriplex*.

Golfo de California: desierto de San Felipe

La costa peninsular del Golfo de California es muy singular por la presencia del desierto con el mar. La flora de dunas costeras es pobre, dominada por *Ephedra trifurca* pero se combina con especies del desierto central como *Larrea tridentata*, *Fouquieria splendens*, *Ambrosia dumosa* entre otras y en los deltas de los ríos temporales con árboles de *Olneya tesota* y especies de mezquite (*Prosopis pubescens* y *P. glandulosa* var. *torreyana*) entre muchas otras (figura 5).

Las especies de las playas y primeros cordones de dunas del norte peninsular son *Abronia maritima* y *Cakile maritima*. Las especies del centro de la costa peninsular son *Abronia maritima*, *Sporobolus virginicus*, *Amaranthus palmeri*, *Atriplex barclayana* sonoriensis, *Ferocactus peninsulae townsendianus*, *Sesuvium verrucosum*, *Atriplex julacea* y *Atriplex leucophylla*. En las crestas de las dunas crecen *Nemacaulis denudata* y en los cordones de dunas interiores *Abronia umbellata*. En las hondonadas húmedas del norte peninsular se encuentran *Abronia umbellata*, *Mesembryantum crystallinum*, *Cryptantha maritima*, *Atriplex juleacea*, *Arthrocnemum subterminale* y *Lycium californicum*.

En las dunas estabilizadas las especies del norte peninsular son *Ephedra californica*, *Croton californicus*, *Encelia californica*, *Hazardia squarrosa*, *Cryptantha maritima* var. *maritima*, *Acmispon strigosus*, *Cylindropuntia cholla*, *Aesculus parryi*, *Oenothera wigginsii*, *Camissonia californica*, *Sphaeralcea fulva*, *Senecio californicus*, *Lycium californicum*, *Atriplex julacea*, *Achyronychia cooperi* y *Astragalus magdalenae*.



▲ a)



▲ b)



▲ c)



▲ d)

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 4.
Especies abundantes en las dunas costeras de Baja California. a) *Chamissonia cheirantifolia*; b) *Abronia maritima*; c) *Dithyrea maritima* y d) *Pholisma arenarium*.
(Fotos a y b: Gerardo Sánchez Vigil; c y d: Sula van der Plank).

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) y que se describen a continuación (ver capítulo 9):

Según la clasificación categórica del estado de conservación de las dunas costeras (capítulo 9), se determinó que el 4.6% de las dunas frontales (figura 6a), el 6.7% (figura 6b) de las dunas parabólicas y el 80.9% de las dunas transgresivas (figura 6c) están en un buen y muy buen estado de conservación. Sólo el 3.1% de las dunas (frontales y transgresivas) están en un malo o muy malo estado de conservación, mientras que ninguna duna parabólica está en mal estado de conservación. No hay dunas en regular estado de conservación.

Los espacios protegidos y de importancia biológica

Baja California es uno de los estados con mayor proporción de áreas protegidas que conservan dunas costeras, de manera directa o indirecta (figura 7). Una medida muy exitosa para la conservación de las playas y dunas del estado fue que en el ordenamiento ecológico estatal (2006) se prohíbe la construcción sobre dunas (DGE-SIDUE 2005) (http://www.semarnat.gob.mx/temas/ordenamientoecologico/Documents/documentos%20decretados/actualizacion_2013/Decretados_20130829.jpg). El ordenamiento considera la existencia de todos los espacios protegidos en el estado y hace una síntesis muy interesante de todos ellos aplicando la información al instrumento de manejo, por lo que se recomienda su lectura.



▲ a)



▲ b)



▲ c)

▲ figura 5.

Paisajes de las dunas costeras de Baja California.
a) Dunas costeras y montañas del desierto en Bahía de los Angeles, en el Golfo de California; b) Campo de dunas móviles; c) Campo de dunas en el Rosario.
(Foto: Gerardo Sánchez Vigil).

El Área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios es la más grande del estado; ocupa 34% del territorio y su litoral por ambas vertientes marinas tiene grandes extensiones de playas pero pocas dunas de gran tamaño. En esta ANP están las dunas frontales más altas y bien conservadas del país, que se encuentran alrededor de la laguna Manuela al sur y en colindancia con la reserva del Vizcaíno y la laguna de Guerrero Negro. Alberga diversos tipos de vegetación además de las dunas costeras presenta manglar, palmar natural, vegetación hidrófila, mezquital, matorral xerófilo y bosque de coníferas (SIMEC, 2013a). Aunque la reserva de la Biosfera del Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado protege los ambientes marinos, la zona de influencia contiene varios kilómetros de amplias playas y dunas (SIMEC, 2013b), reconociéndola como región terrestre prioritaria (RTP-13). Esta reserva de Biosfera se comparte con el estado de Sonora y los municipios que abarca son Mexicali, Puerto Peñasco y San Luis Río Colorado (CONABIO, 2013). Destacan, para fines de restauración, las dunas de los alrededores de San Felipe donde las motos han destruido una superficie considerable de dunas. También los parques marinos de Bahía de Los Ángeles y las Islas del Golfo y San Lorenzo, tienen la zona costera como área de influencia y por ello protegen las playas y dunas. El Archipiélago de Bahía de los Ángeles es una región AICA (No. 218) formada por 17 cuerpos: Coronadito, Isla Coronado, Mitlán, La Calavera, Isla El Piojo, Pato, Jorobado, Bota, San Arenas, Llave, Cerrojo, Isla La Ventana, Isla de Caballo, Los Gemelitos, y el litoral costero de Bahía de los Ángeles; en la región se han registrado 308 especies de

aves (CONABIO, 2013). Algunas de las especies de flora que se presentan son *Frankenia palmeri*, *Suaeda estereoa*, *S. puertopenascoa*, *Allenrolfea occidentalis*, *Sesuvium verrucosum*, *Distichlis palmeri*, *Prosopis glandulosa* var. *torreyana*, *Larrea tridentata*, *Ephedra trifurca* (CONABIO, 2013).

En el estado hay muchos centros RAMSAR y AICAS que indirectamente protegen las playitas y dunas que forman los humedales donde habitan las aves (CONABIO, 2013, RAMSAR-CONANP, 2013). Destacan en el estado organizaciones conservacionistas (en especial PROESTEROS <http://proesteros.cicese.mx>) las que, en combinación con otras como Pronatura, TNC, Terra Peninsular, Wildcoast, Islas de Baja California, entre otras, han promovido un estudio muy completo sobre los humedales del estado. Gracias a ellas casi todos los humedales importantes son sitios RAMSAR y AICAS. El estero de Punta

Banda, uno de los esteros más estudiados de México, ha sido denominado sitio RAMSAR y AICA y ha sido protegido por interés de su dueño con apoyo de Proesteros. Este sitio recientemente fue seleccionado por la SEMARNAT para hacer un plan de manejo piloto de sitios RAMSAR fuera de áreas protegidas.

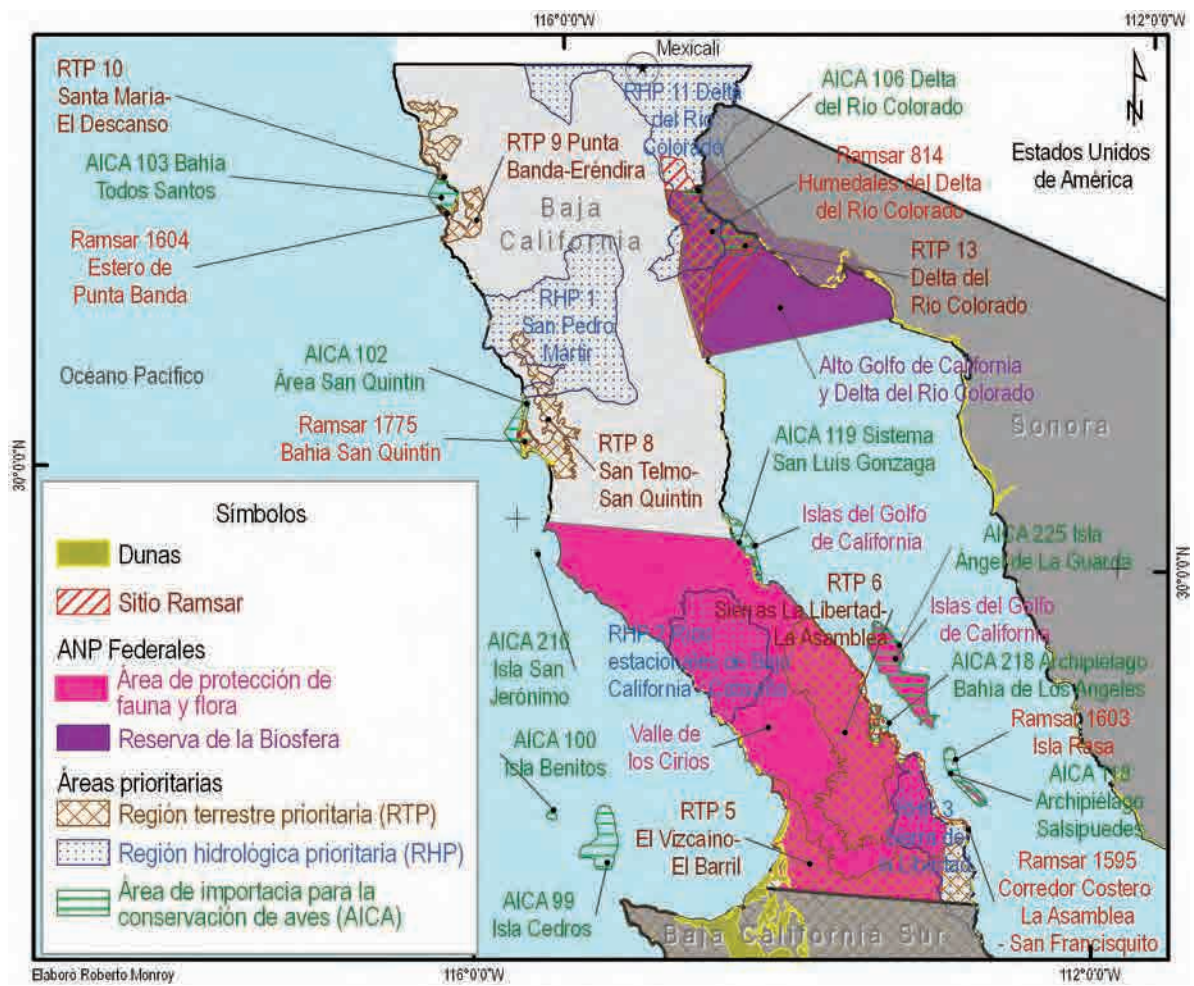
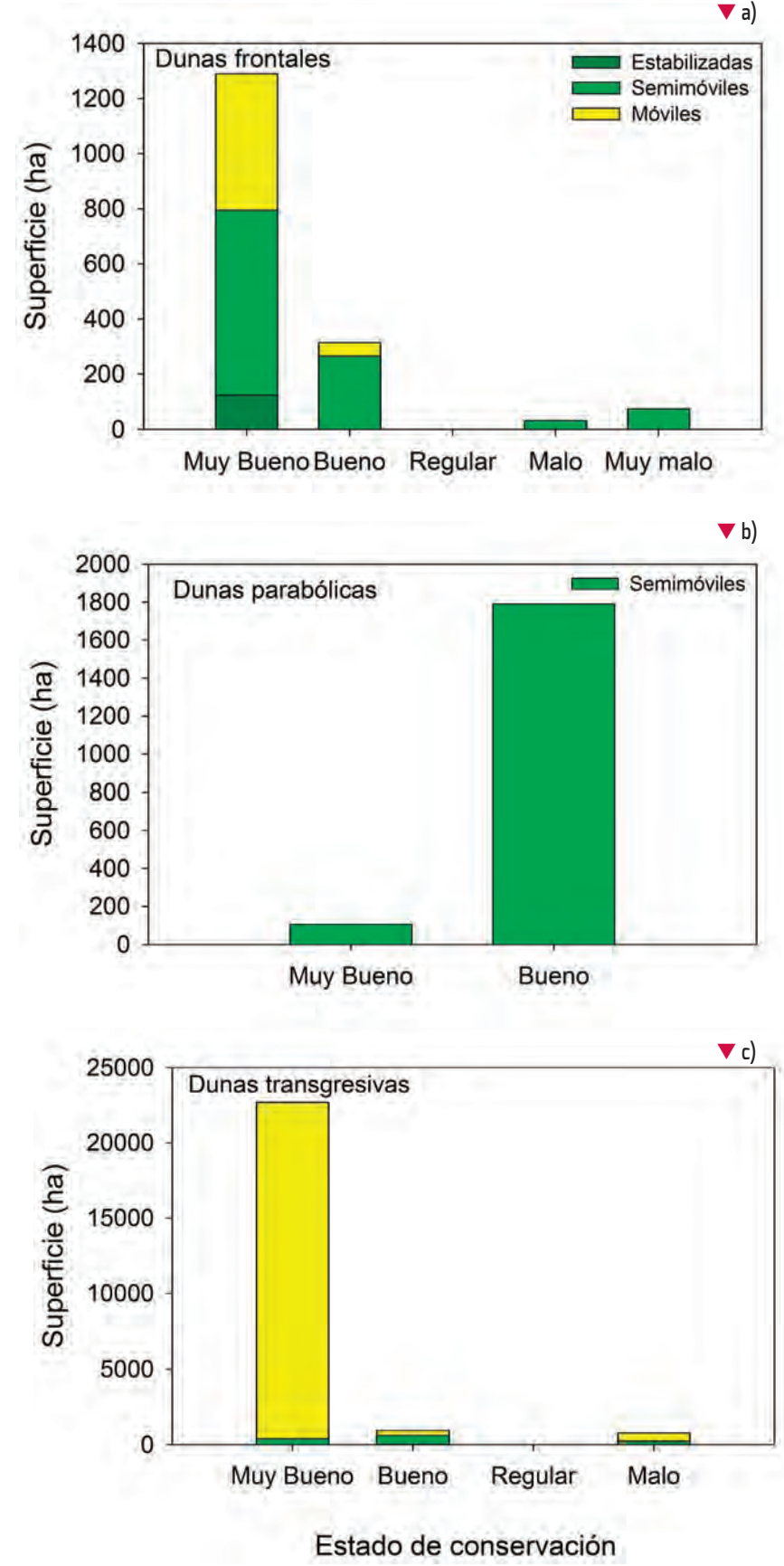
Sólo hay una playa certificada como playa limpia de conservación por CNA a instancias del municipio y las asociaciones civiles interesadas en el manejo de las playas (en especial, el grupo Haciendo lo Necesario) en la barra del estero de Punta Banda. Esta playa tiene una longitud de 632 m.

San Quintín es otro sitio RAMSAR (No. 1775) y AICA (No. 102) y es una de las bahías más estudiadas del país. La zona federal marítimo terrestre donde se encuentran algunas de las playas y dunas importantes de San Quintín, han sido seleccionadas como sitios de protección privada por organizaciones conservacionistas. Se han registrado 289 especies entre las que sobresale a una importante población de aves migratorias entre las que se encuentra la branta negra (*Branta bernicla nigricans*) (RAMSAR-CONANP, 2013). Hay sitios RAMSAR que son en arroyos y que indirectamente apoyan la conservación de dunas porque evitan la extracción de arena que alimenta las playas.

Por sus características climáticas el estado tiene muchos áreas prioritarias para conservación denominadas por CONABIO fuera de las ANP registradas en la CONANP. Dentro de las regiones de importancia hidrológica se encuentran San Pedro Mártir, Ríos estacionales de Baja California – Cataviña y Delta del Río Colorado; como regiones terrestres prioritarias se encuentran El Vizcaíno-El Barril, Valle de los Cirios, San Telmo-San Quintín, Punta Banda-Eréndira, Santa María-El Descanso y como regiones marinas están Ensenadense y Vizcaíno (RAMSAR-CONANP, 2013). Estas son centros de biodiversidad y endemismo y, como sucede entre Santo Tomás y San Quintín han sido altamente modificadas por la agricultura, pero los remanentes de vegetación deberían ser conservados por el nuevo reglamento de áreas protegidas del estado. Es posible que la primera área protegida estatal sea la lagunita de El Ciprés, sitio totalmente urbano de intenso uso recreativo con el último humedal costero de la ciudad de Ensenada. Hay dunas bien conservadas en la ciudad de Ensenada, privadas por un hotel (Hotel Pacifica), que ha seguido las recomendaciones para su manejo y las del campo militar El Ciprés, donde hay poco accesos y por lo tanto se han conservado muy bien.

Problemática y diagnóstico

Baja California es uno de los estados con mayor cantidad de playas y dunas en buen estado de conservación y en áreas protegidas. Las playas cerca de las ciudades son utilizadas intensamente con fines recreativos y excepto en algunos meses y lugares las playas no están contaminadas (Espejel, et al., 2007).



▲ figura 7. Ubicación de las áreas naturales protegidas en el estado de Baja California, y las áreas de importancia por su valor biológico.

Usos del suelo

El uso de suelo sobre dunas es muy puntual, básicamente en la zona con clima mediterráneo y en San Felipe. En la costa del Pacífico el crecimiento de las ciudades sobre las costas menos secas y cálidas del estado ha provocado la destrucción de las dunas. Por ejemplo, en la ciudad de Ensenada, la tasa de pérdida de vegetación de dunas ha sido notoria con la construcción del puerto. Más recientemente, la playa se abrió como playa municipal y aunque no se atendieron todas las recomendaciones de la comunidad científica, las caminatas playeras han sensibilizado a los ensenadenses y turistas de cuidar la playa y del valor de las dunas. Sin embargo, de acuerdo a Peynador y Méndez-Sánchez (2010) se ha perdido para siempre la capacidad protectora que tenían estos sistemas y se han erosionado hasta 80 m de playa.

En el sistema de dunas de la Bahía San Quintín, a pesar de la explotación de canto rodado y del paso cotidiano de vehículos motorizados para recoger la pesca, la vegetación de dunas está bien conservada, al igual que la barra arenosa conocida como playa Santa María donde se ubica un hotel. Es importante mencionar que hay un esfuerzo de conservación por parte de las organizaciones conservacionistas locales en estos sitios. Las playas privadas concesionadas a Terra Peninsular son una esperanza de salvaguardar

la riqueza florística de la Bahía de San Quintín.

La porción de dunas cercanas al mar ha sido fragmentada por el paso de vehículos de todo terreno y porque al parcelarse el ejido, los dueños decidieron marcar sus terrenos deforestando el matorral de dunas en líneas perpendiculares a la línea de costa. A pesar de ello, la flora es muy diversa y las comunidades vegetales son una mezcla de matorral costero y vegetación propia de dunas muy interesante. En la porción más interna y alta de este sistema de dunas fijas, hay una duna móvil, que pensamos fue causada por extracción de arena cuando se construyó la carretera transpeninsular, la cual cruza la duna por lo que sería una gran laguna interdunaria ahora cubierta de vegetación introducida conocida como hielito (*Mesembryanthemum crystallinum*). Desafortunadamente, la explotación minera está erosionando la ladera sur, junto al arroyo El Socorro, donde también hay permisos de explotación de sedimentos. Hasta hace unos dos años era una de los grandes sistemas de dunas mejor conservados. Se empezó con un programa de conservación privada y de ecoturismo, que no ha fructificado todavía pero que es urgente impulsar con los ejidatarios, dueños y las agencias conservacionistas de la región.

◀ figura 6. Superficie que ocupan las dunas a) frontales, b) parabólicas y c) transgresivas presentes en el estado de Baja California y su estado de conservación.

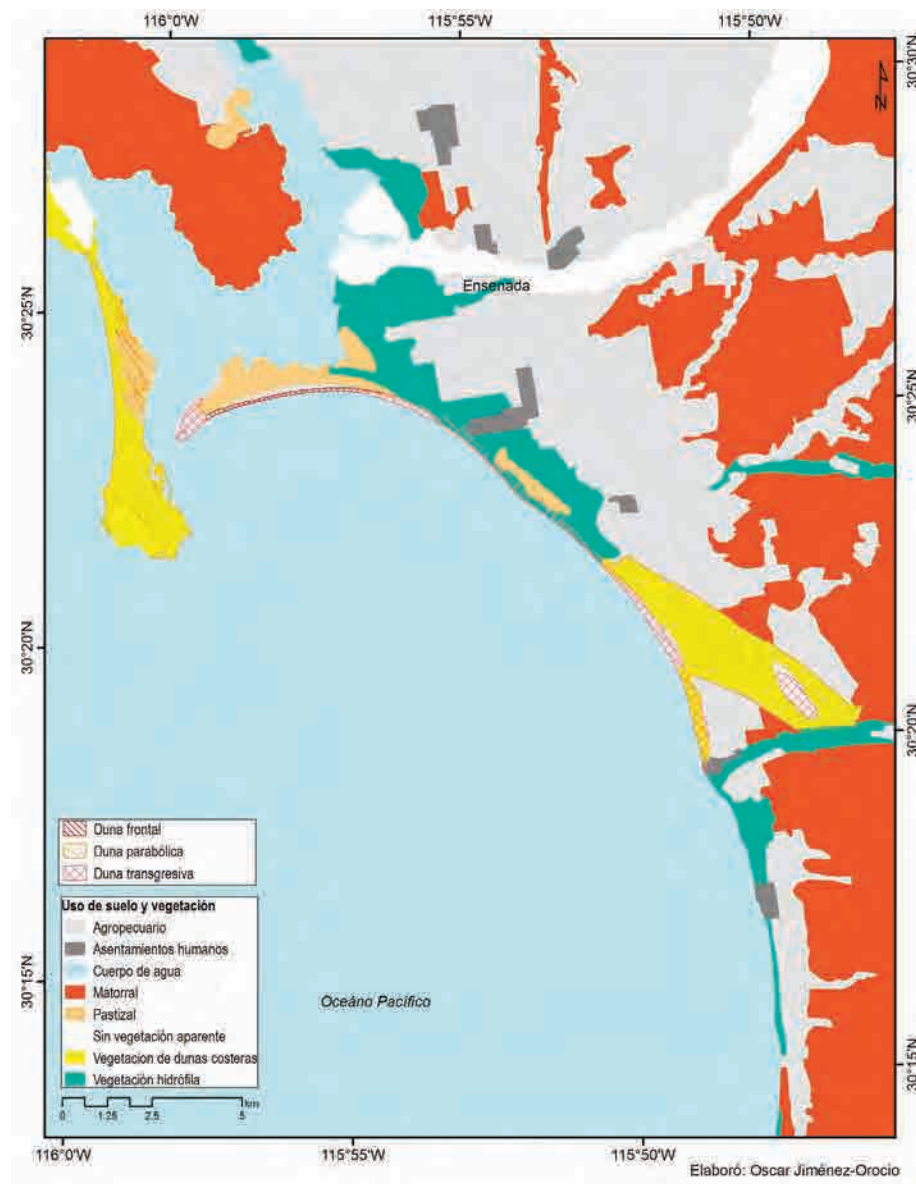


figura 8.

Mapa con la distribución de las dunas costeras en la Bahía San Quintín, Ensenada, Baja California.

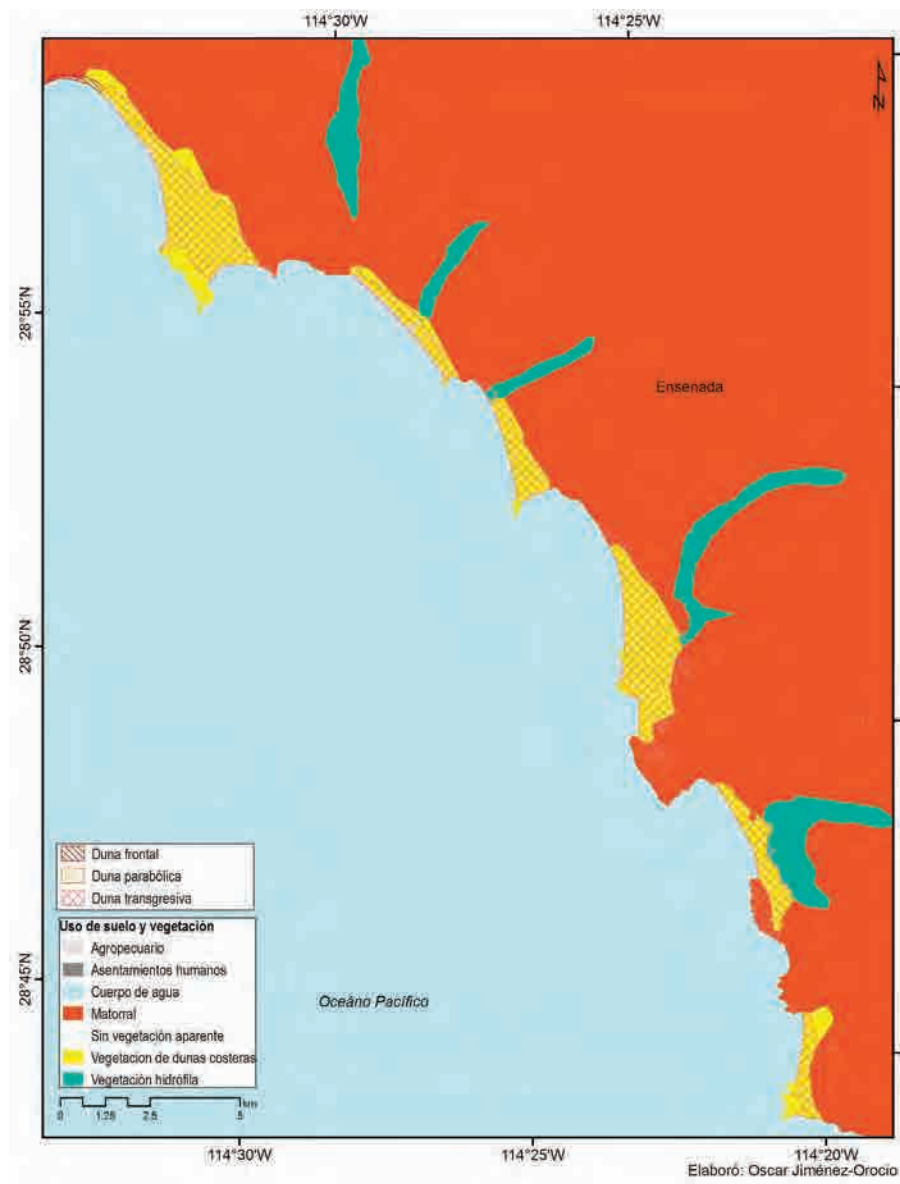


figura 9.

Playas y dunas del Valle de los Cirios, al norte de Santa Rosalita, Ensenada, Baja California..

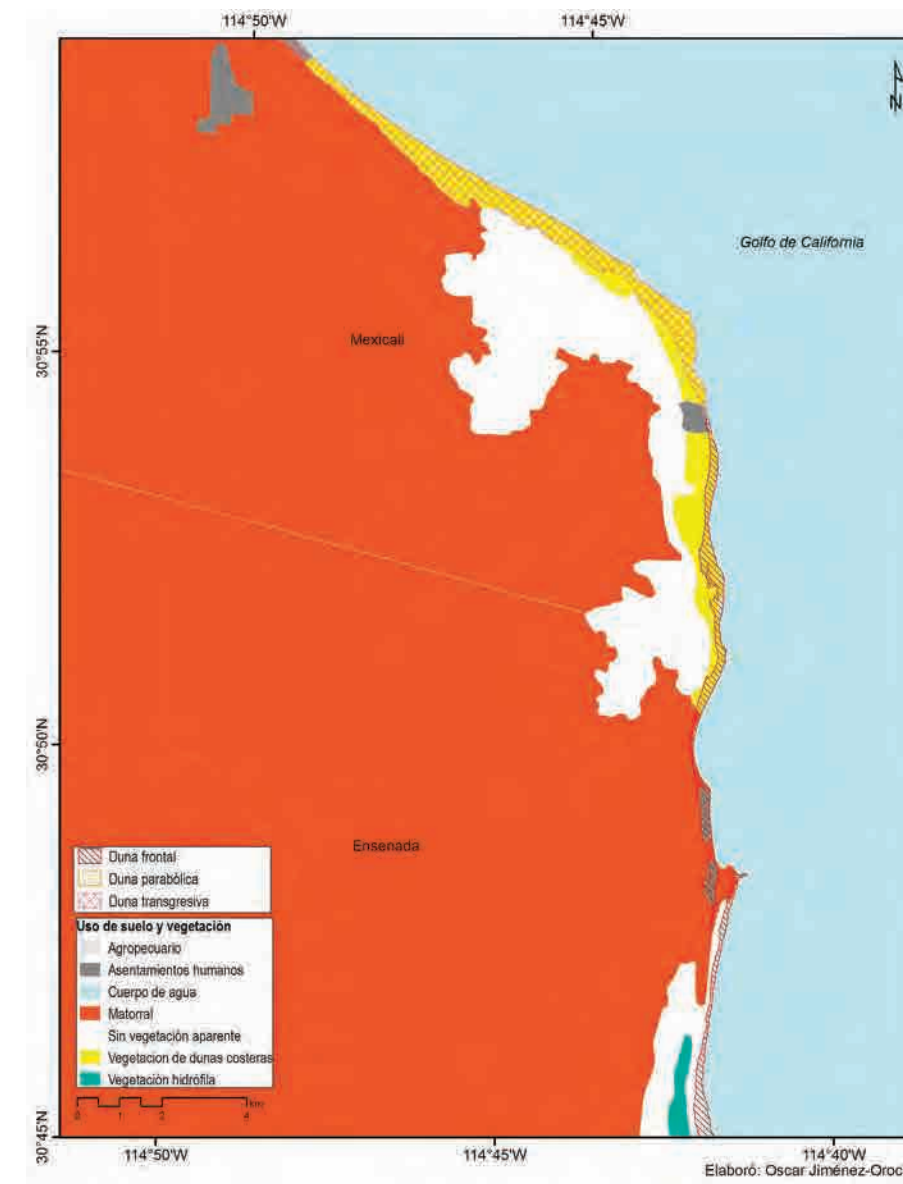


figura 10.

Dunas de San Felipe, Mexicali, Baja California.
Mapa con la distribución de las dunas costeras en San Felipe, Mexicali, Ensenada, Baja California.

Como ejemplo de las playas y dunas mejor conservadas del sur de Baja California, se seleccionaron algunas de las playas de los alrededores de Santa Rosalita, que forman parte del área protegida Valle de los Cirios. Como se ve en las figuras 8 y 9 estas playas y dunas son un ejemplo de cómo se mezcla la vegetación desértica con la costera. El ANP Valle de los Cirios es la encargada de su protección. En general, sólo cerca de los poblados y carreteras, las motos y vehículos de todo terreno amenazan la integridad de las dunas.

Un ejemplo de dunas muy alteradas, son las del litoral del Golfo de California, en especial las dunas cercanas al poblado de San Felipe (figura 10), debido a la construcción de infraestructura humana sobre las dunas. Ejemplo de ello es la carretera a San Luis Gonzaga, que las fragmenta porque son pista de motos y vehículos de todo terreno. La

carretera conocida como Baja 500, ha colaborado en la fragmentación de las dunas porque no tienen una ruta fija, por lo que los competidores abren brechas cada año.

La figura 11 muestra el porcentaje de la superficie de dunas costeras en cada una de las cinco categorías de uso. Puede observarse que la mayoría de las dunas del estado mantiene su estado natural, pero por las carreras Baja 1000 y Baja 500, se encuentran brechas que fragmentan las dunas. El uso agropecuario casi no existe sobre las dunas y son pocas las ciudades que crecieron sobre de ellas (playas de Tijuana, Rosarito, Ensenada y San Felipe). Son muy pocos los poblados costeros y los campamentos de pescadores. Una de las amenazas más actuales es la minería para la extracción de cuarzo y feldespato (aunque los permisos se dan para la extracción de hierro por parte de la Secretaría de Energía y Minas).

Geomorfología, biodiversidad y vegetación

Las más de 28,000 ha de dunas del estado de Baja California no tienen vegetación. Sin embargo en aquellas donde crece vegetación, la biodiversidad es muy interesante por el endemismo o casi endemismo, es decir que se comparten con el sur de California o de Arizona. De las dunas transgresivas que ocupan el 87% solo 61 ha están estabilizadas y puede crecer vegetación la cual a veces es muy densa y se mezcla con especies de los matorrales vecinos. En las dunas parabólicas crecen algunas especies aisladas, hierbas generalmente también con alto endemismo. Las dunas frontales son las más destruidas y por lo tanto las que presentan más vegetación introducida.

Agricultura y ganadería (acuacultura)

No hay actividad agropecuaria sobre las dunas de Baja California. La acuacultura de bivalvos es la principal actividad económica de la zona de playa permanentemente inundada de la Bahía de San Quintín (Delgado González et al., 2010) aunque recientemente el turismo está aumentando. Las barras arenosas y las dunas que las conforman juegan un papel muy importante en la protección de los cultivos.

Desarrollos turísticos y urbanos

El desarrollo habitacional y turístico de la zona costera crece hacia el sur en lo que se ha denominado corredor turístico Tijuana-Rosarito-Ensenada. En el corredor se ha favorecido la construcción de casas y condominios como segundo hogar para jubilados estadounidenses. Las playas de Rosarito, La Misión y Punta Banda son largas, altamente modificadas, donde es muy escasa la vegetación nativa. Las dunas más grandes son las de Primo Tapia, pero también son las más modificadas ya que han sido y son utilizadas como pistas de motos y vehículos de todo terreno. Lo mismo sucede en San Felipe y en los poblados al sur. Aún dentro de las áreas protegidas el paso de vehículos recreativos es una actividad importante.

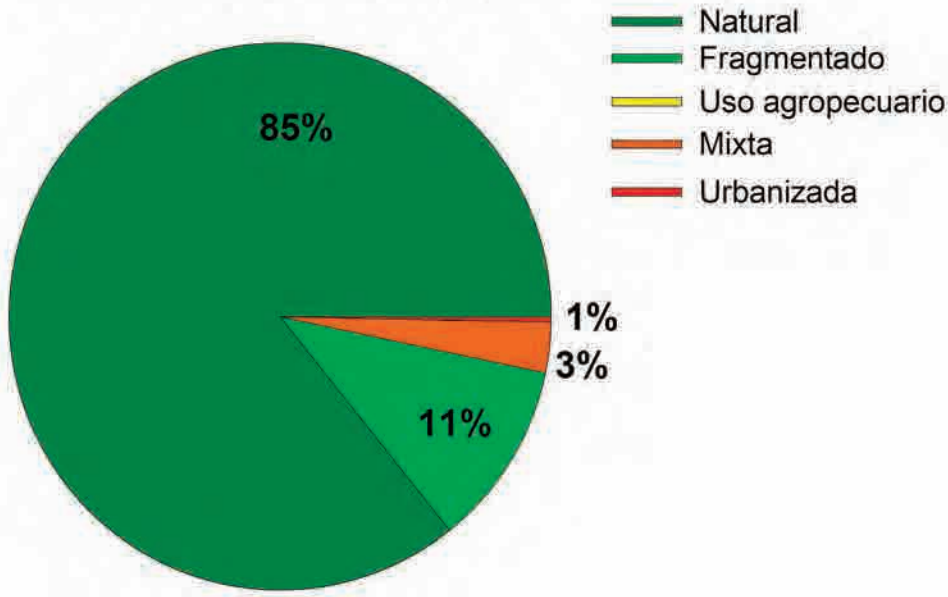
La población urbana de las costas de Baja California suma 300,000 habitantes y se centralizan en Ensenada, San Felipe y Primo Tapia. La población rural de las costas de Baja California es mucho menor, y no llega a los 500 habitantes.

Industria e infraestructura costera

No hay industrias costeras en el estado, excepto en la ciudad de Rosarito que hay una termoléctrica y al sur de la Misión donde se ha construido un polo energético de gas natural y gas butano, pero no sobre dunas sino sobre suelos rocosos con matorral costero. En la ciudad de Ensenada se encuentra el puerto más norteño del país, que como todos, creció modificando la porción arenosa de la bahía y ganándole tierras al mar. Las playas y dunas remanentes de Ensenada ocupan ahora la porción sur del puerto y están siendo erosionadas por la falta de sedimentos que quedan atrapados en la dársena portuaria. Hay otro puerto pesquero conocido como El Sauzal, al norte de la ciudad de Ensenada. Se encuentran varias marinas que se han construido dentro de la ciudad y en la costa entre las ciudades de Rosarito y Ensenada. Asimismo, en el Golfo de California hay marinas y los muelles de los poblados pesqueros.

Casi no hay carreteras costeras, solo en ambas costas del norte, ya que la carretera principal va por el centro de la península. Hay múltiples terracerías y brechas sobre las dunas, especialmente en las de El Descanso y El Socorro en el Pacífico y San Felipe y Bahía de los Ángeles en el Golfo de California.

Usos de suelo sobre dunas



▲ figura 11. 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 Baja California.

Baja California tiene una longitud total de 8.6 km de obras portuarias de protección: 5.1 km son rompeolas, 1.2 son escolleras, 1.3 espigones y 1.1 protecciones marginales.

Erosión

Las costas de Baja California, en especial las del Pacífico, son costas erosivas. Este fenómeno se puede ver en los cantiles de la carretera escénica La Misión-Ensenada.

El efecto en las playas y dunas de las presas y represamientos es la erosión costera. Por ejemplo, al represar el río Tijuana y cubrir de cemento el canal conocido como Todo Americano, se erosionó la playa de la colonia Playas de Tijuana perdiéndose la primera cuadra de casas (Bocco et al., 1993). Igualmente, en Ensenada, Peynador y Méndez-Sánchez (2010) calcularon que se perdieron 80 m de ancho de la playa municipal de la ciudad de Ensenada a partir de la construcción de la presa y el puerto donde se contienen los sedimentos que alimentaban la playa y las dunas.

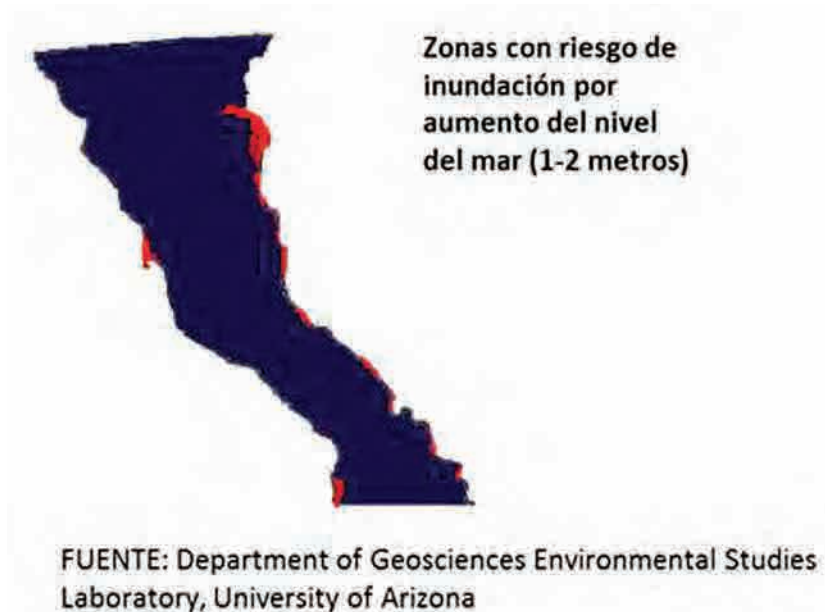
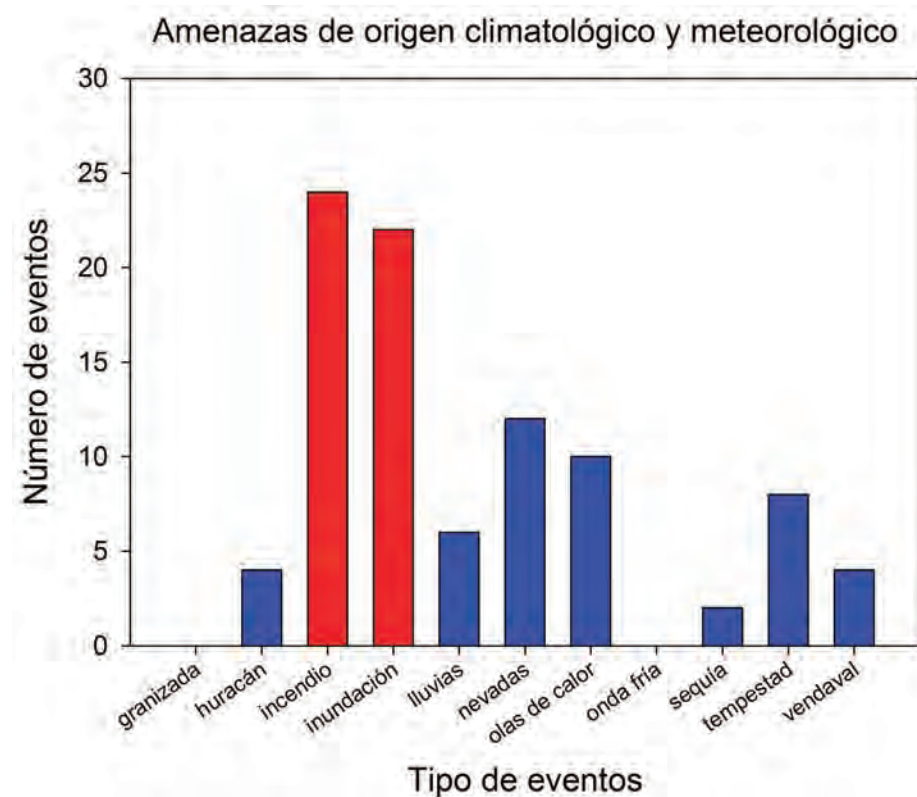
Uno de los problemas más grandes para las playas arenosas y dunas costeras es la minería de arena en arroyos, ya que se están acabando los sedimentos que las alimentan y con ello se incrementa la probabilidad de erosión costera.

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 11a 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 Baja California los más frecuentes son los incendios (se registraron 24) y las inundaciones (se registraron 22). El Estado tiene una disponibilidad muy baja de agua y el grado de presión es fuerte (86%) (figura 12a).

La zona costera está poco expuesta al impacto directo de los huracanes y ninguno de los huracanes más dañinos que han afectado a México ha hecho tierra en este estado. Las dunas están amenazadas por los escenarios de elevación del nivel del mar que se proyectan, especialmente en el Golfo de California y en las bahías de San Quintín y Laguna Manuela en la frontera con Baja California Sur (figura 12b) (http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/estados.html).

Es importante que se consideren estos escenarios proyectados para los desarrollos urbanos y acuícolas existentes y los que se quieran implementar. Afortunadamente el ordenamiento estatal prohíbe la construcción sobre dunas, instrumento que ha logrado evitar que crezca el riesgo costero en las ciudades costeras de Baja California. En especial destaca la costa del Golfo de California, la cual, debido a que se está hundiendo, será más afectada por inundaciones relacionadas con el incremento en el nivel del mar.



Recomendaciones y planes de manejo

Aunque en general la mayoría de las dunas están bien conservadas, es importante reconocer que hay diversos tipos de problemas para atender en las dunas costeras de Baja California. Por un lado están las playas y dunas dentro de las ciudades, las cuales han sido abatidas y destrozadas y por lo tanto sería necesario implementar acciones para su restauración y revegetación.

La playa de Punta Banda en Ensenada, ha sido certificada recientemente como playa limpia de conservación por CONAGUA, con la condicionante de restaurar la vegetación. Este sistema de dunas ofrece un campo interesante para las investigaciones de restauración de ecosistemas costeros.

Dependiendo del riesgo de elevación del nivel del mar o de lluvias que provoquen inundaciones que afectan la infraestructura costera, será necesario implementar estrategias de manejo de dunas. En casos como Playas de Tijuana, Ensenada o San Felipe, es necesario analizar la posibilidad de restauración de playas. En este caso, es importante considerar que son playas erosivas, por lo tanto es necesario el apoyo de técnicas de ingeniería costera para definir los tipos de estrategia que se deben implementar para controlar la erosión además de restaurar la duna. Asimismo, es necesario seleccionar los espacios que deben ser reforestados con especies nativas de las cuales se sabe muy poco. Por esto en Baja California es muy importante investigar sobre la biología de las

especies para poder reproducirlas, estudiar sus tolerancias a diferentes situaciones ambientales para que sobrevivan en los experimentos de reforestación.

Las dunas del desierto en su mayoría están en áreas protegidas por lo que es importante monitorizar que no haya cambios de uso de suelo, en desacuerdo a sus planes de manejo.

Lo más importante en las ciudades del Pacífico norte es la presencia del dedito y el hielito, dos especies sumamente invasivas que es necesario erradicar. Las técnicas para lograrlo deben ser parte del experimento de restauración ya que se sabe poco de este tema. En el capítulo de restauración se proporcionan algunas recomendaciones con citas donde encontrar más información al respecto. Poco se sabe de la fisiología de las especies de dunas, es importante empezar proyectos en diversos temas ecológicos. Asimismo, son urgentes experimentos de restauración y revegetación de hierbas, arbustos y cactáceas, en especial en las ciudades donde más se han destruido las dunas (Tijuana, Rosarito, Ensenada y San Felipe).

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.

▲ figura 12.

a) Amenazas de origen climatológico y meteorológico del estado. b) Amenaza del incremento del nivel medio del mar en las costas de Baja California (http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/cambio_climatico.html).

Referencias bibliográficas

- Bocco, G., Sánchez, R. y Riemann, H. 1993. Evaluación del impacto de las inundaciones en Tijuana (Enero de 1993): uso integrado de percepción remota y sistemas de información geográfica. *Frontera Norte* 5(10): 51-83.
- CONABIO (Comisión nacional para la conservación y uso de la Biodiversidad). Avesmx. http://avesmx.conabio.gob.mx/lista_region?tipo=aica Fecha de consulta 13 08 2013.
- DGE- SIDUE 2005. Ordenamiento Ecológico de Baja California. Dirección General de Ecología y Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado, Baja California.
- Delgado-González, O. E., Jiménez, J. A., Fermán-Almada, J. L., Marván-Gargollo, F., Mejía-Trejo, A., y García-Esquivel, Z. 2010. La profundidad e hidrodinámica como herramientas para la selección de espacios acuícolas en la zona costera. *Ciencias Marinas* 36(3): 249-265.
- Delgadillo, R. J. 1992. Florística y ecología del Norte de Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. UABC, México.
- Espejel, I., Moreno-Casasola, P. y Barbour, M. 2001. Coastal vegetation: diversity and conservation. En: G. Webster & C. Bahre (eds.) *The Frontera*. New Mexico Univ. Press., Nuevo México.
- Espejel, I., Espinoza-Tenorio, A., Cervantes, O., Popoca, I., Mejía, A., y Delhumeau, S. 2007. Proposal for an integrated risk index for the planning of recreational beaches: use at seven Mexican arid sites. *Journal of Coastal Research*. SI 50 ICS2007 (Proceedings) Australia 47-51.
- Espejel, E., Peña-Garcillán, P. y Jiménez-Orocio, O. 2013. Flora de playas y dunas de México. Informe Técnico Final Conabio HJ007.
- González-Abraham, C. E., Garcillán, P. P., y Ezcurra, E. 2010. Ecorregiones de la península de Baja California: Una síntesis. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* (87): 69-82.
- Johnson, A. F. 1977. A survey of the strand and dune vegetation along the Pacific and southern gulf coasts of Baja California, Mexico. *Journal of Biogeography* 7: 83-99.
- Ortiz Pérez, MA 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.
- Peynador, C., y Méndez-Sánchez, F. 2010. Managing coastal erosion: A management proposal for a littoral cell in Todos Santos Bay, Ensenada, Baja California, Mexico. *Ocean & Coastal Management* 53(7): 350-357.
- Rebman J. 2011. The flora of Baja California. (<http://bajafloa.org/>)
- Rodríguez-Revelo, N. A. 2012. Evaluación Integrada de la duna El Socorro para proponer su manejo como recurso natural en el Ejido Nueva Odisea, San Quintín, Baja California. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Baja California.
- RAMSAR-CONANP 2013. Humedales de México. <http://ramsar.conanp.gob.mx/lsr.php> Fecha de consulta 15 08 2013.
- 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/detalle.pl?Id=20140425060525>
- Seingier, G., Espejel, I. y Fermán Almada, J.L. 2009. Cobertura vegetal y marginación en la costa mexicana. *Investigación Ambiental* 1 (1): 54-69
- SIMEC (Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación). 2013a. Ficha del área de Protección de Flora y Fauna Valle de los Cirios. https://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=12
- SIMEC (Sistema de Información, Monitoreo y Evaluación para la Conservación) 2013b. Reserva de Biosfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado. https://simec.conanp.gob.mx/Info_completa_ext.php?id_direccion=14
- Vanderplank, S. E. 2011. The Flora of Greater San Quintín, Baja California, Mexico (2005-2010). *Aliso: A Journal of Systematic and Evolutionary Botany* 29(2): 65-103.
- Wiggins, I. L. 1980. Flora of Baja California. Stanford University Press. Stanford, California.

Calaborador de la ficha

Francisco Casillas-Figueroa