

Factores que provocan la erosión de playas en Baja California Sur, México

Enrique H. Nava-Sánchez¹, Guillermo Martínez-Flores¹, Janette Magalli Murillo-Jiménez¹

¹ Instituto Politécnico Nacional – Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Apdo. Postal 592, Código Postal 23096, La Paz, BCS, México. enava@ipn.mx

Resumen: México cuenta con un litoral de 11,122 km de longitud, en donde las playas son el elemento dominante y uno de los más importantes, ya que por su posición geográfica y belleza son de las más atractivas del mundo para el turismo. Sin embargo, la erosión de las playas amenaza a este patrimonio. El objetivo de este trabajo fue determinar y entender los factores responsables de la erosión de las playas. Con tal objetivo, se hizo una selección de playas que fueran representativas de las condiciones ambientales de las costas del estado de Baja California Sur. Se visitaron 39 playas en la costa del Océano Pacífico y 68 en la costa del Golfo de California, en cada una de ellas se levantaron perfiles topográficos, se tomaron muestras de sedimento y del material biógeno, y se anotaron los rasgos geomorfológicos, los tipos de estructuras civiles y las condiciones oceanográficas. Se realizó un análisis de las investigaciones en el área de estudio y de los procesos globales que impactan las playas. Se encontró que los factores de erosión de las playas de Baja California Sur se pueden agrupar en naturales y antropogénicos. Los naturales son: el ascenso global del nivel del mar, el cambio climático, el impacto de huracanes y la reducción en la producción de sedimento biógeno. Los antropogénicos son: la infraestructura costera, la extracción de material sedimentario de las playas y la extracción de material sedimentario de los arroyos que descargan al mar. Los factores naturales provocan una erosión lenta de las playas, mientras que los antropogénicos ocasionan una erosión acelerada.

INTRODUCCIÓN

Se ha considerado que la mayor parte de las playas del mundo están afectadas por actividades antropogénicas de diversa índole (Bird 2011), así como por procesos naturales como el cambio climático y ascenso del nivel del mar, procesos que pueden inducir a la erosión del sistema playa-duna, de manera parcial o completa (Nava-Sánchez et al. 2012). Existe una preocupación internacional por identificar los procesos que inducen la erosión de las playas, ya que con la pérdida de playas se afecta la economía, la seguridad patrimonial, el turismo, los ecosistemas, entre otros problemas. En el estado de Baja California Sur (BCS), el turismo de playa constituye una de las fuentes principales de empleo y de la economía. Por lo que este estudio está dirigido a caracterizar los procesos responsables del estado de erosión en que se encuentran algunas playas de BCS. El estudio se aplicó en una escala regional y una evaluación rápida, tal que permitiera cubrir los 2,230 km del litoral de BCS. Otros estudios se han realizado

a escalas locales (Nava-Sánchez et al. 1994), o estudian una sola playa o un sector de la costa denominado “celda litoral” (Bañuelos Montero 2017, Serna Martínez 2018). Estudios regionales de las playas del Golfo de California han sido conducidos por Carranza-Edwards et al. (1998) y Kasper-Zubillaga et al. (2007), enfocados a caracterizar la sedimentología de sus arenas. Un estudio que aporta información importante sobre la morfología de la línea de costa de la península y su asociación los procesos que las moldean, fue realizado por Wright et al. (1973).

ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Baja California Sur se localiza en el noroeste de México, constituye la mitad sur de la península de Baja California. Nava-Sánchez et al. (2012) realizaron un análisis de las costas mexicanas y propusieron una regionalización, dentro de la cual la costa de la península fue dividida en dos: la Región I Costa Pacífica de Baja California y la Región II Costa del Golfo de Baja California (Fig. 1).

Ambas costas, del Pacífico y del Golfo de California, contienen playas en ambientes contrastantes; expuestos y protegidos. Además, presentan ambientes muy diversos dentro de cada margen como son escarpes, planicies o barreras arenosas, entre otras. Con respecto al clima, la península presenta una diversidad de condiciones meteorológicas: la porción norte está dominada por los “nortes” de invierno y primavera, con vientos fuertes y lluvias débiles, con precipitaciones medias anuales de 250

mm en la margen pacífica y 60 mm en la margen del golfo; la porción sur está afectada fuertemente por tormentas tropicales y huracanes, con vientos muy fuertes y lluvias torrenciales de duración corta, y una precipitación media anual >250 mm. La influencia de los ciclones tropicales disminuye gradualmente hacia el norte, mientras que la influencia de los “nortes” es mayor en la parte norte de la península y disminuye hacia el sur, lo que provoca que la parte media de la península tenga un clima

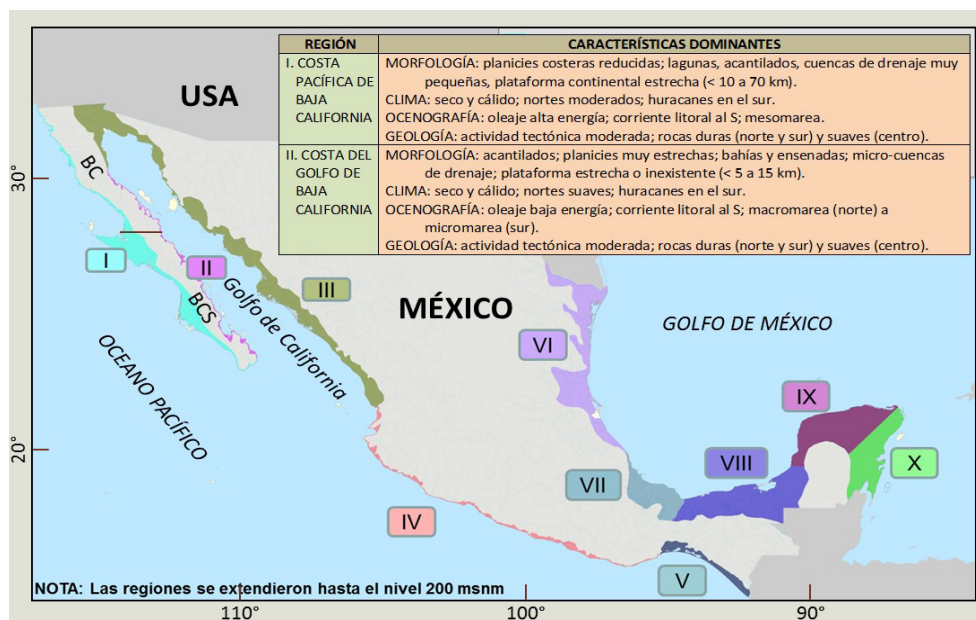


Fig. 1. Ubicación del estado de Baja California Sur (BCS) y las Regiones Costeras de México. La península de Baja California esta bordeada por la Región I Costa Pacífica de Baja California y la Región II Costa del Golfo de Baja California (Modificado de Nava-Sánchez et al. 2012).

más estable, con precipitaciones medias anuales entre 80 y 70 mm.

La morfología general de la península de Baja California está relacionada a los procesos tectónicos extensionales intensos de los últimos 6 millones de años, provocando que la península se levante más rápidamente en la margen del Golfo de California (Oskin et al. 2001, Ortlieb 1991) y lentamente en la margen pacífica (Ortlieb 1991). En la margen pacífica el levantamiento lento ha favorecido la formación de una vertiente relativamente ancha y pendiente suave (Fig. 2A), con planicies

costeras de extensión limitada que incluyen complejos lagunares como Magdalena-Almejas, San Ignacio y Ojo de Liebre. En tanto que la margen del golfo (Fig. 2B), con una tasa rápida de levantamiento, presenta una vertiente estrecha y muy empinada, con línea de costa comúnmente rocosa, indentada y acantilada, afectada fuertemente por fallamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron playas que fueran representativas de las costas de BCS, mediante

la consulta de fotografías aéreas e imágenes Google Earth Pro. Una vez que se seleccionaron las playas, se llevó a cabo la visita de 39 playas de la costa pacífica y 68 de la costa del golfo (Fig. 3). En cada playa se realizaron las actividades siguientes: 1) reconocimiento y evaluación de rasgos de erosión o acreción del sistema playa-duna; 2) levantamiento morfométrico desde el tope de la duna frontal o de la trasplaya, hasta la base de la cara de la playa; 3) toma de muestras de sedimentos de la cara de la playa y la duna; 4) toma de muestras de material biógeno, y 5) en playas con estructuras civiles se realizó una valoración de la afectación de la playa. En el Laboratorio de Geología Marina se determinó el tamaño de grano del sedimento, mediante tamizado con ro-tap y analizador láser Beckman, se determinó el tipo de sedimento y se evaluó el grado tafonómico del material biógeno colectado en las playas. En playas con impacto antropogénico y con erosión importante, se analizaron fotografías históricas, así como el archivo histórico de las imágenes Google Earth Pro, con el fin de evaluar los cambios a través del tiempo.

RESULTADOS

Playas de la Región Pacífica. La mayor parte de las playas de esta región están expuestas a la alta energía de oleaje, aunque algunas están semi-protegidas al interior de bahías. La mayoría son playas largas y anchas (Fig. 2A), pocas son de “bolsillo” y angostas (Tabla 1). Las playas al frente de complejos lagunares como Magdalena y San Ignacio y sus inmediaciones, son muy amplias y de pendiente suave y muy suave, usualmente presentan cordones de playa y dunas frontales bajas. Algunas playas están al pie de escarpes en rocas de litologías distintas, como ofiolíticas en la porción norte, sedimentarias conglomerádicas poco compactas en la porción media, y graníticas en la porción sur. La fuente de sedimento a la playa es, en orden de importancia, las descargas de arroyos, la erosión de acantilados, el aporte de sedimentos de la plataforma peninsular y en menor proporción la producción de sedimen-



Fig 2. (A) Costa pacífica con vertiente de pendiente suave, playas amplias y dunas frontales altas. (B) Costa del Golfo de California con topografía abrupta, acantilados altos, fallamiento intenso y playas reducidas tipo “bolsillo”.

tos biógenos, constituidos principalmente de pedacería de moluscos bivalvos.

Playas de la Región del Golfo. Estas playas son de extensión reducida (Tabla 2), usualmente cortadas por acantilados. Están expuestas a un oleaje de baja energía excepto en la porción sur en donde la energía se incrementa por influencia del océano Pacífico. Son abundantes las playas de tipo “bolsillo” en ensenadas, bahías pequeñas o protegidas por islas. Las playas son más anchas y largas en la porción sur que en la norte. El tamaño de grano es en general mayor que en la margen pacífica. La fuente de sedimentos a la playa es, en orden de importancia, las descargas de arroyos, la erosión de acantilados y la actividad biológica. La producción del sedimento terrígeno-fluvial de la costa peninsular en el Golfo es reducida, debido a que la vertiente es reducida (Nava-Sánchez 1997). La producción de sedimento biógeno es también reducida y localizada en zonas con aportes terrígenos escasos.

Factores de erosión de las playas

El sistema sedimentario playa-duna de la

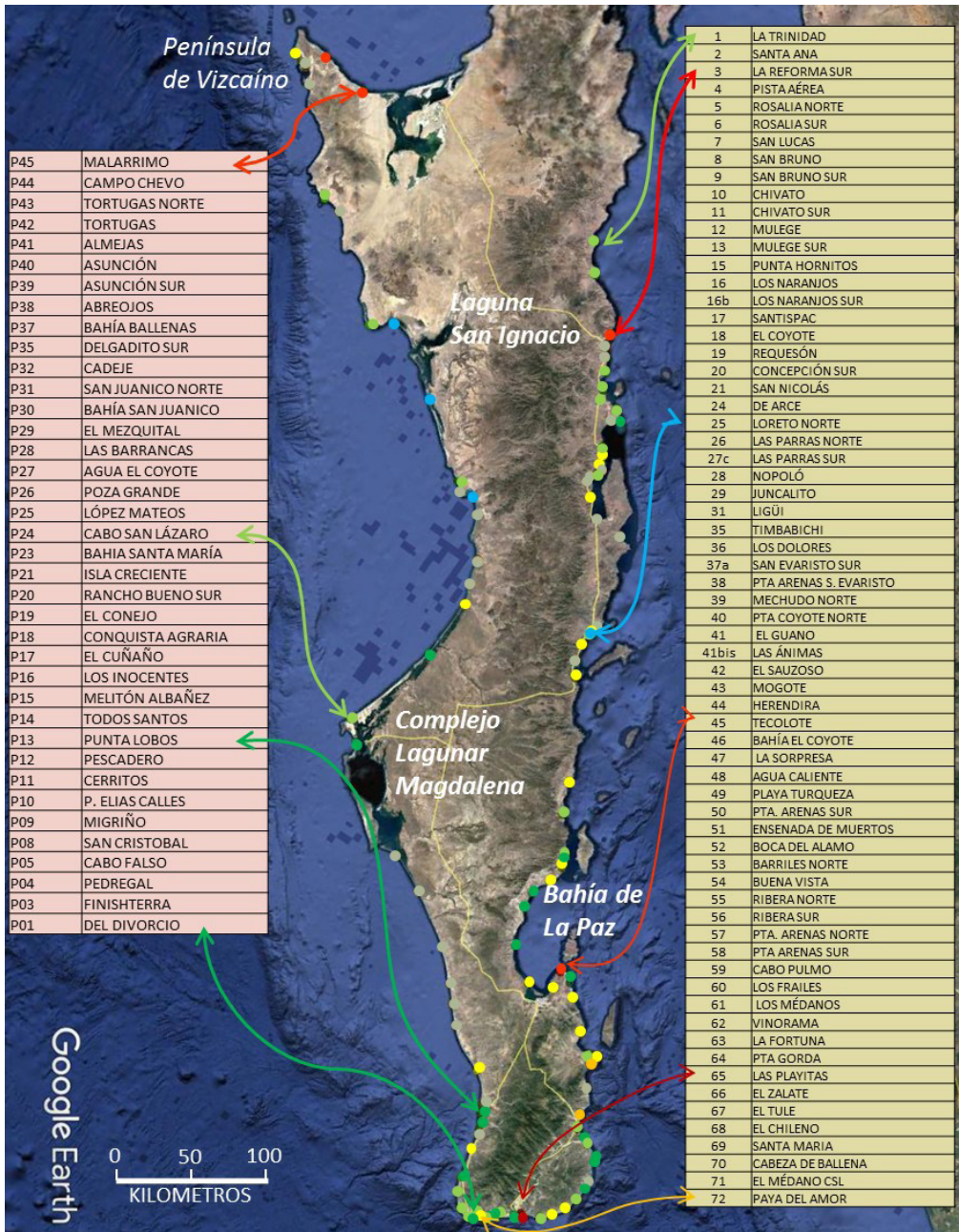


Fig. 3. Localización de las playas estudiadas. 39 playas en la costa pacífica y 68 de la costa del Golfo de California de Baja California Sur. La costa pacífica presenta menos variabilidad morfológica de la línea de costa. Las flechas indican algunas playas para facilitar la localización.

TABLA 1

Características generales de las 39 playas del Pacífico, ordenadas de norte a sur de la Costa Pacífica de Baja California

CLAVE	NOMBRE	TIPO PLAYA	SEDIMENTO	TIPO DE SEDIMENTO
P45	MALARRIMO	Larga- MyAngosta	ArMyFina	Te-Ca
P44	CAMPO CHEVO	Larga- MyAngosta	ArMyFina	Te-Ca
P43	TORTUGAS NORTE	Bolsillo amplia	ArMyFina-Gr	Te c/Bio
P42	TORTUGAS	Bolsillo angosta	ArMyFina -gravosa	Te c/Bio
P41	ALMEJAS	Larga-bahía	Boleo-Gr -Ar	Te c/Bio
P40	ASUNCIÓN	Larga- amplia	ArMyFina -gravosa	Te-Bio
P39	ASUNCIÓN SUR	Larga- angosta	Ar - Gr fina	Te c/Bio
P38	ABREOJOS	Larga-barrera amplia	ArGrue-Arfina	Te-Bio
P37	BAHÍA BALLENAS	Larga-Myamplia	ArMyfina -Gr fina	Te-Bio
P35	DELGADITO SUR	Larga-barrera, amplia	ArMyfina	Te-Bio
P32	BOCA CADEJE	Larga-Myamplia	ArMyFina -gravosa	Te-Bio
P31	SAN JUANICO NORTE	Bolsillo-angosta	ArGrue/	Te c/Bio
P30	BAHÍA SAN JUANICO	Larga- MyAmplia	ArMyfina/	Te c/Bio
P29	EL MEZQUITAL	Larga - angosta	ArMyFina -gravosa	Te c/Bio
P28	LAS BARRANCAS	Larga - angosta	ArMyfina-Gr escasa	Te c/Bio
P27	AGUA EL COYOTE	Larga-barrera, amplia	ArMyFina -gravosa	Te c/Bio
P26	POZA GRANDE	Larga-barrera, amplia	ArMyFina -gravosa	Te-Bio
P25	LÓPEZ MATEOS	Larga-barrera, amplia	ArMyFina -gravosa	Te-Bio
P24	SAN LÁZARO	Larga-barrera, amplia	ArMyFina -gravosa	Te-Bio
P23	SANTA MARÍA	Larga-barrera, amplia	ArMyFina -gravosa	Te-Bio
P21	CRESCIENTE	Larga-barrera, amplia	ArMyFina -gravosa	Te-Bio
P20	RANCHO BUENO	Larga-barrera, amplia	ArMyFina -gravosa	Te-Bio
P19	EL CONEJO	De acantilado-estrecha	Gr grue-Ar grue/ boleo	Te c/Bio
P18	CONQUISTA AGRARIA	Larga - angosta	Ar med-gravosa	Te c/Bio
P17	EL CUÑANO	Larga - angosta	Ar grue-gravosa	Te c/Bio
P16	LOS INOCENTES	Larga - angosta	Ar grue-gr escasa	Te c/Bio
P15	MELITÓN ALBAÑEZ	Larga-amplia	Ar media-gravosa	Te-Bio
P14	TODOS SANTOS	Larga-amplia	Ar grue-gravosa	Te c/Bio
P13	PUNTA LOBOS	Larga-ancha	Ar grue-gravosa	Te c/Bio
P12	PESCADERO	Larga-ancha	Ar grue-gravosa	Te c/Bio
P11	CERRITOS	Larga - angosta	Ar fina c/Ar gruesa	Te c/Bio
P10	P. ELIAS CALLES	Larga - angosta	Ar grue-gravosa	Te c/Bio
P09	MIGRIÑO	Bolsillo amplia	Ar grue-gravosa	Te c/Bio
P08	SAN CRISTOBAL	Bolsillo amplia	Ar grue-gravosa	Te c/Bio
P05	CABO FALSO	Larga-amplia	Ar grue-gravosa	Te c/Bio
P04	PEDREGAL	Bolsillo amplia	Ar Mygrue-gravosa	Te c/Bio
P03	FINISHTERRA	Larga -ancha	Ar Mygrue-gravosa	Te c/Bio
P02	SOLMAR	Larga -ancha	Ar Mygrue-gravosa	Te c/Bio
P01	DEL DIVORCIO	Bolsillo angosta	Ar med-grue	Te c/Bio

TABLA 2
Características generales de las 68 playas de la margen del Golfo, ordenadas de norte a sur de la Costa del Golfo de Baja California

CLAVE	NOMBRE	TIPO PLAYA	SEDIMENTO	TIPO DE SEDIMENTO
1	LA TRINIDAD	Expuesta - deltáica	Ar c/Gr fina	Te
2	SANTA ANA	Bolsillo	Ar gravosa	Te
3	LA REFORMA SUR	Bolsillo	Gr arenosa c/boleo	Te
4	PISTA AÉREA(SUR)	Abierta-cóncava	Gr arenosa c/boleo	Te
5	SANTA ROSALIA NORTE	Abierta-cóncava	Boleo gr ar	Te
6	SANTA ROSALIA SUR	Abierta-deltáica	Boleo	Te
7	SAN LUCAS NORTE	Abierta - deltáica	Boleo gravoso	Te
8a	SAN BRUNO (NORTE)	Abierta - convexa	Boleo	Te
8	SAN BRUNO	Abierta - convexa	Ar c/Gr fina	Te c/Bio
9	SAN BRUNO SUR	Abierta - recta	Gr	Ca c/Te
10	CHIVATO	Bolsillo - Tómbolo	Ar fina	Ca c/Te
11	CHIVATO SUR	Abierta - cóncava	Ar gruesa	Ca c/Te
12	MULEGE NORTE	Abierta - barrera-delta	Gr arenosa c/boleo	Te c/Bio
13	MULEGE SUR	Abierta - cóncava	Ar c/gravas	Te c/bio
15	PUNTA HORNITOS	Abierta - cóncava	Gr c/boleo	Te
16	LOS NARANJOS	Expuesta e/espigones	Ar Fina gravosa	Te c/Bio
16b	LOS NARANJOS SUR	Protegida- cóncava	Ar gravosa	Ca c/Te
17	SANTISPAC	bolsillo- cóncava	Ar c/Gr fina	Ca c/Te
18	EL COYOTE	bolsillo- cóncava	Ar Fina c/Gr fina	Ca c/Te
19	REQUESÓN	bolsillo- Tómbolo	Ar media c/Gr fina	Ca c/Te
20	CONCEPCIÓN SUR	Cóncava-planicie inund	Gr gruesa	Te c/Bio
21	SAN NICOLÁS	Expuesta c/escarpe	Ar gravosa	Te c/Bio
24	DE ARCE	Expuesta c/Plani Inund	gr c/boleo	Te
25	LORETO NORTE	Expuesta cóncava	ar c/Gr fina	Te
26	LAS PARRAS NORTE	Expuesta - Deltáica	Ar c/Gr fina	Te
27c	LAS PARRAS SUR	Protegida p/espigones	Ar gravosa	Te
28	NOPOLÓ	Abierta - cóncava	Ar	Te
29	JUNCALITO	Bolsillo	Gr c/boleos	Te
31	LIGÜI	Abierta-cóncava	Ar	Te
35	TIMBABICHI	Abierta - cóncava	Ar c/grava fina	Te c/Bio
36	LOS DOLORES	Abierta - curvilinea	Ar gravosa	Te pocos Bio
37a	SAN EVARISTO SUR	Bolsillo c/ensenada	Ar	Te
38	PTA ARENAS SAN EVARISTO	Abierta, norte de punta	Ar c/grava fina	Te, Bio
39	MECHUDO NORTE	Bolsillo cóncava curvilinea	Ar gravosa	Te, Bio
40	PTA COYOTE NORTE	Abiert, ligera. cóncava	Ar gruesa c/grava	Te, c/Bio
41	EL GUANO	Expuesta c/duna	Ar gruesa c/Gr fina	Te
41b	LAS ÁNIMAS	Bolsillo - recta c/duna	Ar gruesa c/Gr fina	Te

42	EL SAUZOSO		Expuesta deltáica	Ar c/gravas y boleo	Te c/Bio
43	MOGOTE		Expuesta c/duna	Ar c/gravas	Te
44	HERENDIRA		Bolsillo c/ensenada	Ar	Te c/Bio
45	TECOLOTE		Expuesta - recta	Ar c/gravas	Ca - Te
46	BAHÍA EL COYOTE		Bolsillo c/planicie	Ar gravosa	Te
47	LA SORPRESA		Expuesta c/escarpe	Ar gruesa c/Gr fina	Te c/Bio
48	AGUA CALIENTE		Expuesta c/escarpe	Ar c/gravas	Te
49	PLAYA TURQUEZA		Expuesta - DunaFront	Ar gruesa c/Gr fina	Te c/Bio
50	PTA. ARENAS SUR		Expuesta c/Escarpe	Gr fina arenosa	Te c/Bio
51	ENSENADA MUERTOS	DE	Bolsillo c/escarpe	Ar c/gránulos	Ca - Te
52	BOCA DEL ALAMO		Expuesta - convexa	Bloques c/boleos	Te
53	BARRILES NORTE		Expuesta - convexa	Ar gravosa c/boleo	Ca - Te
54	BUENA VISTA		Expuesta - recta	Ar - gravosa	Te
55	RIBERA NORTE		Expuesta - convexa	Ar - gravosa	Te
56	RIBERA SUR		Expuesta -cóncava	Ar fina	Te
57	PTA. ARENAS NORTE		Expuesta - convexa	Ar media c/Gr fina	Te
58	PTA ARENAS SUR		Expuesta - cóncava	Ar gruesa	Te
59	CABO PULMO		Bolsillo c/acantilado	Ar Fina c/grava	Ca c/Te
60	LOS FRAILES		Bolsillo	Ar - gravosa	Te
61	LOS MÉDANOS		Expuesta - Duna-parche	Ar	Te
62	VINORAMA		Expuesta -AbanicoDelta	Ar gruesa c/Gr fina	Te
63	LA FORTUNA		Expuesta c/Escarpe	Ar c/gránulos	Te
64	PTA GORDA		Expuesta - recta	Ar c/gránulos	Te
65	LAS PLAYITAS		Expuesta - cóncava - espigón	Ar fina c/ Ar gruesa	Te
66	EL ZALATE		Expuesta- cóncava-recta	Ar media - gruesa	Te c/mica
67	EL TULE		Expuesta - recta -curvada	Ar gruesa c/Gr fina	Te
68	EL CHILENO		Bolsillo c/ acantilados	Gravilla c/ Ar gruesa	Te c/ Bio
69	SANTA MARIA		Bolsillo - semi-circular	Ar fina c/Ar mgruesa	Te c/Bio
70	PTA CABEZA BALLENA	DE	bolsillo- poco cóncava	Ar mgruesa c/Gr fina	Te c/Bio
71	EL MÉDANO CSL		Semi-Protegida cóncava	- Ar gruesa	Te
72	PAYA DEL AMOR		Bolsillo - c/acantilados	Ar media c/Gr fina	Te

línea de costa pacífica de la península es más prístino que la del Golfo de California, ya que la alta energía de oleaje del océano restringe la construcción de obras civiles directamente sobre la línea de costa expuesta, como es el caso de los puertos San Carlos y otros peque-

ños muelles que están ubicados dentro de las lagunas o en la parte más protegida de las bahías, como son el caso de los puertos Tortugas y Asunción. Así, el impacto antropogénico a lo largo de la costa abierta del Pacífico de BCS, es mínimo y solo se observó alteración de sec-

tores de línea de costa en las poblaciones de Bahía Tortugas, Bahía Asunción y Cabo San Lucas (playa Finsterra).

En el caso de la costa del Golfo de California, el sistema playa-duna es mayormente prístino, aunque localmente y asociado a las poblaciones, el impacto antropogénico es importante, como es el caso de Santa Rosalía, Loreto, La Paz y San José del Cabo.

Cualquier modificación del sistema sedimentario natural puede derivar en erosión o acreción de la línea de costa. El caso de la península, el sistema sedimentario se considera frágil debido a que: 1) los aportes sedimentarios fluviales son escasos, tanto por las bajas precipitaciones, como por el tamaño de las cuencas de drenaje que son del tipo microcuencas; 2) la plataforma peninsular es estrecha y empinada, lo que provoca que los sedimentos tiendan a salir de la playa.

Los factores de erosión de las playas del área de estudio se pueden agrupar en dos: naturales y antropogénicos.

1. Factores naturales de erosión de las playas

a. Variaciones de nivel del mar. Un ascenso secular del nivel del mar produce un retroceso de la línea de costa, ya sea porque el ancho de la playa se reduzca, o porque la playa migre hacia tierra sin pérdida de ancho. En el primer caso el ancho de playa se puede reducir cuando en la trasplaya exista una duna, un escarpe rocoso o una estructura civil; en el segundo caso el sistema de playa puede migrar hacia tierra cuando la playa sea del tipo playa de barrera. Se ha documentado que el nivel del mar asciende con una tasa media de 2.0 a 2.6 mm/año (Douglas y Peltier 2002, IPCC 2007). Este proceso es global y afecta a todas las playas del mundo. En BCS no se ha hecho una evaluación del proceso de erosión por este factor, pero se considera que la topografía abrupta e irregular podría minimizar el retroceso de la línea de costa.

b. Cambio climático. Se considera que el

cambio climático va a provocar un incremento en la energía de oleaje y una mayor ocurrencia de ciclones tropicales (según el IPCC). Aunque la tendencia del cambio climático desde la revolución industrial es de calentamiento, se ha observado una variabilidad climática que trae como consecuencia periodos de enfriamiento y calentamiento, los cuales para las costas de BCS se traducen en variaciones en la energía de oleaje, produciendo a su vez periodos de erosión y acreción de playas. Este proceso no está afectando de igual manera a todas las costas del mundo, debido a la distribución de las zonas climáticas. Por su ubicación, BCS está en el cinturón en que se espera que se incremente la energía de oleaje, sin embargo, en al menos la última década se ha observado una disminución del efecto de los “nortes”, mientras que el efecto por ciclones tropicales si se ha incrementado, los cuales, por su importancia, se tratan en la sección siguiente.

c. Impacto de huracanes. En BCS el impacto de los ciclones tropicales sobre las playas, es muy superior al de los nortes. Son responsables tanto de la erosión, como la acreción de las playas. Se ha documentado que la frecuencia y energía de los huracanes presentan ciclos, de tal manera que en BCS los huracanes de categorías 1 y 2 impactan cada año, pero los de categorías 3, 4 o 5 pueden tener periodos de retorno de cientos de años. Desafortunadamente solo se cuenta con datos meteorológicos instrumentales en algunas estaciones desde los años 1930's y en la mayoría de las estaciones desde los 1950's. Sin embargo, de la experiencia de los últimos 35 años de los autores, dos huracanes han sido los que han impactado con mayor fuerza a las playas: el huracán “Juliette” en 2001 y “Odile” en 2014. “Juliette”, aunque pasó por BCS con categoría 1, impacto con gran fuerza a la parte sur y media de BCS, provocando un cambio radical en la sedimentación de las playas; el oleaje erosionó profundamente las playas (Fig. 4), debido a que el desplazamiento del huracán fue muy lento, pero

el mayor impacto fue ocasionado por las precipitaciones extraordinarias (las más altas en el registro meteorológico), que provocaron descargas extraordinarias de sedimentos fluviales y en los meses posteriores, el oleaje redistribuyó el sedimento acumulado en los deltas (Fig. 4) y las playas tuvieron la mayor acreción observada por los autores. El huracán “Odile” (2014), con categorías 3 y 4 pasó rápidamente por BCS, provocó una intensa erosión en las playas y, a diferencia de “Juliette”, las pre-



Fig. 4. Impacto del huracán “Juliette” (2001). (A) Imagen de la playa de la bahía San Lucas antes de “Juliette”, en donde se observa una playa con berma al pie del muro de un hotel. (B) Imagen tomada desde el mismo punto 15 días después de “Juliette”, en donde ya no está presente la playa, pero también se observa el crecimiento del delta del arroyo El Salto por la abundante descarga de sedimentos durante las precipitaciones extraordinarias durante el paso del meteoro.

cipitaciones fueron escasas, por lo que la mayoría de las playas no se han recuperado desde entonces.

d.Reducción en la producción de sedimento biógeno. Aunque la causa de la reducción de la producción de sedimento biógeno no está bien entendida, ya que puede ser natural o antropogénica, se ha observado que este material biógeno en al-

gunas playas de BCS es muy reducida y/o con grados tafonómicos altos (conchas deterioradas). Es decir, se observó muy poco sedimento biógeno de reciente formación (pedacería o conchas completas) en dichas playas. Esta situación fue más notoria en playas de la costa del golfo como La Trinidad (sin actividad turística). Las playas de la costa pacífica son principalmente pobres en sedimento biógeno, aunque playas con contenidos altos de ese tipo de material, como las de barrera con acreción y prístinas presentaron contenidos altos de conchas de diversos grados de deterioro, pero playas cercanas a centros de población presentaron material biógeno principalmente deteriorado.

2. Factores antropogénicos de erosión de las playas

a.Infraestructura costera. Las estructuras civiles en BCS que tienen mayor impacto en las playas son: (1) los espigones que retienen sedimento en un lado y favorecen la erosión en el lado opuesto, como el de Puerto Los Cabos que provocó la erosión de Las Playitas, ubicada al norte, con un retroceso de más de 80 m desde 2006 (Fig. 5), (2) los muros construidos en la trasplaya o directamente sobre la berma (caso de varios hoteles en Los Cabos), en donde el oleaje de tormenta erosiona la playa hasta alcanzar el muro, entonces el éste refleja la energía de oleaje y acelera la erosión (Fig. 5).

b.Minado o extracción de material sedimentario de las playas. Este factor se puede presentar de dos maneras: (1) extracción de material sedimentario terrígeno para construcción (mayor impacto), se realiza de manera clandestina ya que esta actividad está prohibida, afecta a la línea de costa de las playas como El Sargento y Punta Arenas; (2) extracción de conchas de ornato (bajo impacto en el corto plazo), actividad que realizan principalmente los turistas y que afecta a playas con una afluencia importante como Santispac (Fig.



Fig. 5. Erosión por infraestructura costera. (A) Las Playitas, localidad al norte del espigón de protección al canal de ingreso al Puerto Los Cabos (al fondo de la fotografía), en donde la erosión ha provocado un retroceso de la línea de costa de aproximadamente 80 m en 12 años, desde que se construyó el espigón; al frente de la foto aparece una alcantarilla, vestigio de una calle desaparecida. (B) Muro de un hotel en la playa Finisterra localizada en la punta sur de la península; nótese el escarpe que dejó el huracán “Odile” (2014).

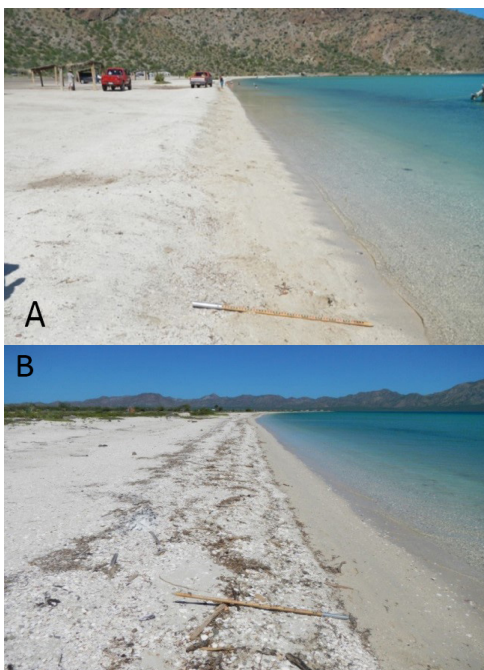


Fig. 6. Diferencia entre una playa expuesta a extracción de material biógeno y otra casi prístina. (A) Playa Santispac, playa de sedimento biógeno sin conchas de ornato, con actividad turística intensa y actividades de limpieza.

(B) playa Los Naranjos, ancha con cordón de dunas frontales bajas, localizada al norte de Santispac, a 1.5 km en línea recta, con abundancia de conchas que presentan diferentes grados de deterioro.

6), que al compararla con la playa prístina vecina, Los Naranjos, se infiere que fue el estado natural que tenía (Fig. 6). Otra forma de extracción de menor impacto es la limpieza de las playas, actividad que remueve también el material sedimentario, junto con la basura, práctica que se realiza en la playa Santispac.

c. Minado del material sedimentario de arroyos. Este proceso impacta en la erosión de la playa de manera indirecta, ya que se realiza extracción de material sedimentario para construcción (grava y arena) en los arroyos principales, antes del área de descarga a la línea de costa, lo cual disminuye la cantidad de material sedimentario que finalmente debería llegar a las playas. Las playas más impactadas son aquellas relacionadas a centros de población con índices de construcción alto. Este proceso está causando problemas graves en un sector de la playa de Loreto (Fig. 7A) (Nava-Sánchez et al. 2014), y puede llegar a impactar las playas de las bahías San Lucas (Fig. 7B) y San José del Cabo, de donde se extraen grandes volúmenes de material para la infraestructura turística.

CONCLUSIONES

Los factores responsables de la erosión de las playas de Baja California Sur se agruparon en naturales y antropogénicos. Los primeros, como el ascenso del nivel del mar y el cambio climático, generan una erosión de baja intensidad y actúan a escalas regionales y globales, aunque el impacto de ciclones ocasiona cambios intensos en las playas, recuperando su condición de “estabilidad” en el corto periodo. La erosión por factores antropogénicos como las estructuras civiles en las playas, provocan cambios profundos que pueden ser irreversibles si no se aplican prácticas de remediación. Otro proceso que no ha sido estudiado es la extracción de conchas de ornato en playas

con actividades turísticas intensas, las cuales muestran rasgos de erosión evidente.

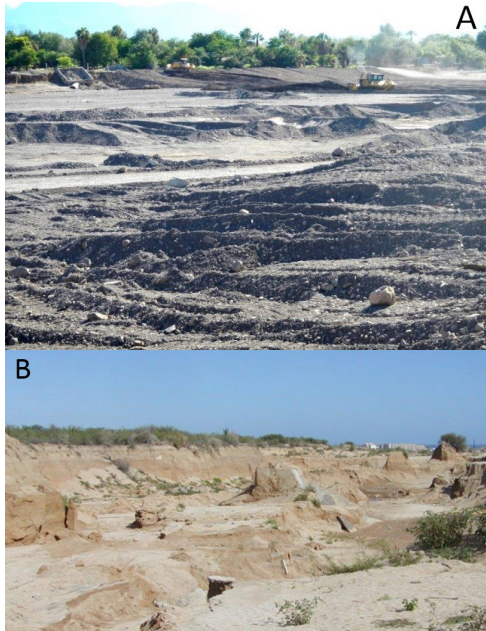


Fig. 7. Arroyos de la costa del golfo de BCS donde se extrae intensivamente material sedimentario para construcción. (A) Arroyo Las Parras en la ciudad de Loreto de donde se extraen material en cantidad suficiente para ocasionar la erosión de la playa localizada al sur del delta Las Parras. (B) El Arroyo El Salto abastece materiales para construcción a la ciudad de Cabo San Lucas, la cual tiene un índice alto de crecimiento.

REFERENCIAS

- Bañuelos Montero MY. 2017. Evaluación de cambios en la línea de costa en Las Playitas, San José del Cabo, Baja California Sur (1993-2014). Tesis de Maestría, IPN-CICIMAR, México: 97 p.
- Carranza-Edwards A, Bocanegra-García G, Rosales-Hoz L, de Pablo Galán L. 1998. Beach sands from Baja California Peninsula, Mexico. *Sediment. Geol.* 119: 263-274.
- Douglas BC, Peltier, R. 2002. The Puzzle of Global Sea-Level Rise. *Physics Today* 55, 3: 35-41.
- Kasper-Zubillaga JJ, Carranza-Edwards A, Morales De la Garza E. 2007. Caracterización textural de la arena de playa del Golfo de California, México: Implicaciones para los procesos costeros y el relieve. *Cien. Mar.* 33(1): 83-94.
- Nava-Sánchez EH, Salinas-González F, Godínez-Orta L, Rueda-Fernández S, Cruz-Orozco R. 1994. Beach profiles and grain size on the tip of the Peninsula of Baja California. *Inv. Mar. CICIMAR*, 9 (1); 25-41.
- Nava-Sánchez EH. 1997. Modern Fan Deltas of the West Coast of the Gulf of California, México. PhD Thesis, University of Southern California, USA; 229 pp.
- Nava-Sánchez EH, Martínez-Flores G, Murillo-Jiménez JM, Morales-Pérez RA, Godínez-Orta L. 2012. Capítulo 5. Vulnerabilidad y evaluación de riesgo en la zona costera mexicana, p 139-156. En: Ramírez-León H., Navarro-Pineda J. M. y Barrios-Piña H. A. (Eds), *Dinámica ambiental de ecosistemas acuáticos costeros. Elementos y ejemplos prácticos de diagnóstico.* Instituto Politécnico Nacional; 680 p. (ISBN: 978-607-414-339-3).
- Nava-Sánchez EH, Martínez-Flores G, Navarro-Lozano JO. 2014. Erosión en la playa sur de la ciudad de Loreto, BCS, por influencia antropogénica. *Ingeniantes.* 1(1): 152-157.
- Ortlieb L. 1991. Quaternary vertical movements along the Coasts of Baja California and Sonora. The Gulf and Peninsular Province of the Californias, Dauphin. J.P., Simoneit, B.R.T. (Eds), *Amer. Assoc. Petrol. Geol., Memor.* 47: 447-480.
- Oskin, Stock, Martín-Barajas, 2001. Rapid localization of Pacific-North America plate motion in the Gulf of California. *Geology*, vol. 29(5): 459-462.

Serna Martínez B. 2018. Morfología y sedimentos de las playas de la celda litoral de San José del Cabo, B.C.S., México. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma de Baja California Sur, México: 108 p.

Wright LD, Roberts HH, Coleman JM, Kupper RL, Bowden LW. 1973. Process-Form Variability of Multiclass Coast: Baja California. Technical Report No. 137, Coastal Studies Institute, LSU; 54pp