



BOLETÍN DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS

HALIMEDA OPUNTIA COMO SUSTRATO PARA POTAMILLA sp. EN CAMPOS DE THALASSIA TESTUDINUM. <i>Ricardo Bitter-Soto y Luis Lemus Jiménez.....</i>	1
NUEVO GÉNERO SURETONORPUS DE VENEZUELA (COLEOPTERA: NOTERIDAE: PRONOTERINI). <i>Mauricio García.....</i>	19
VARIACIÓN MULTITEMPORAL DE LA LÍNEA COSTA DE LA BAHÍA SAN LUCAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO Y SUS AMBIENTES DE PLAYAS. <i>Luis R. Núñez, Alejandro G. Matiano y Sandra J. Núñez.....</i>	52
PARACYMUS DE VENEZUELA (COLEOPTERA: HYDROPHILIDAE: LACCOBIINI), PARTE IV: ADICIÓN DE SEIS NUEVAS ESPECIES. <i>Mauricio García.....</i>	72
FLORÍSTICA DE COMUNIDADES VEGETALES EN EL ÁREA MINERA CORREGENTE, BOCHINCHE, RESERVA FORESTAL IMATACA, CUENCA DEL RÍO SANTA MARÍA, ESTADO BOLÍVAR, VENEZUELA. <i>Wilmer A. Díaz-Pérez y Raúl Rivero.....</i>	101
MELONGENA MELONGENA (LINNAEUS, 1758) EN EL SISTEMA LAGUNAR DE BOCARIPO, NORORIENTE DE DE VENEZUELA. <i>Erickxander Jiménez-Ramos, Jaime Frontado-Salmerón, Lederle Hernández-Otero y Vanessa Acosta-Balbas.....</i>	123
INSTRUCCIONES A LOS AUTORES.....	135
INSTRUCTIONS FOR AUTHORS.....	145

Vol. 56, N^o 1, Pp. 1-154, Enero-Junio 2022

UNA REVISTA INTERNACIONAL DE BIOLOGÍA PUBLICADA POR
LA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA, MARACAIBO, VENEZUELA



VARIACIÓN MULTITEMPORAL DE LA LÍNEA DE COSTA DE LA BAHÍA SAN LUCAS, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO Y SUS AMBIENTES DE PLAYAS

Luis R. Núñez, Alejandro G. Matiano y Sandra J. Núñez.

Hidrográfica Internacional S.A. de C.V., México. luis2bio@gmail.com

RESUMEN

Se determinó la variación multitemporal en la línea de costa de la Bahía San Lucas, Baja California Sur, México y sus ambientes de playas. El análisis tuvo una temporalidad de veinte años (a intervalos de diez años: 2000, 2010 y 2020), se emplearon tres imágenes satelitales LANDSAT 4-5 y 8 de alta resolución y se aplicó el MNDWI. La extracción de la línea de costa se realizó vectorizando directamente sobre los píxeles que se encuentran entre el límite húmedo y seco de la playa y para los análisis estadísticos se empleó el método propuesto por el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS). De los 61 transectos ortogonales, 55 resultaron en estado erosivo (90,16%) y 6 en acreción (9,84%). La tasa de punta final (EPR) mostró un retroceso medio de la costa de (-) 1,2 m/año y el movimiento neto de la costa (NSM) reveló que la mayor distancia negativa fue de (-) 122,94 m reflejando una erosión marcada en la punta suroeste de la bahía mientras que la acreción fue de 24,61 m. También se visualizó un retroceso relativo en 6 de las 7 zonas de playas. La tendencia erosiva de la línea de costa de la Bahía San Lucas representa una pérdida del recurso costero playas. Estos indicadores sirven de referencia para el seguimiento, planificación y gestión en políticas de manejo de los litorales.

Palabras clave: Línea de costa, erosión, acreción, playa, México.

MULTI-TEMPORAL VARIATION OF THE COASTLINE OF SAN LUCAS BAY, BAJA CALIFORNIA SUR, MEXICO AND ITS BEACH ENVIRONMENTS

ABSTRACT

Multitemporal variation in the coastline of San Lucas Bay, Baja California Sur, Mexico and its beach environments was determined. The analysis had a temporality of twenty years (at intervals of ten years: 2000, 2010 and 2020), three high-resolution LANDSAT 4-5 and 8 satellite images were used and the MNDWI was applied. The extraction of the coastline was carried out by vectoring directly on the pixels that are between the wet and dry limits of the beach and for the statistical analyzes the method proposed by the United States Geological Survey (USGS) was used. Of the 61 orthogonal transects, 55 resulted in an erosive state (90.16%) and 6 in accretion (9.84%). The final point rate (EPR) showed a mean shoreline retreat of (-) 1.2 m/yr and the net shoreline movement (NSM) revealed the largest negative distance to be (-) 122.94 m. reflecting marked erosion at the southwestern tip of the bay while accretion was 24.61 m. A relative decline was also seen in 6 of the 7 beach areas. The erosive trend of the San Lucas Bay coastline represents a loss of the beach coastal resource. These indicators serve as a reference for monitoring, planning and management in coastal management policies.

Key words: Coastline, erosion, accretion, beach, Mexico.

Recibido / Received: 28-02-2022 ~ **Aceptado / Accepted:** 23-05-2022.

INTRODUCCIÓN

El 70% de las playas arenosas del planeta, aproximadamente, experimenta procesos erosivos o retroceso de la línea de costa, lo cual se ha catalogado como un problema global (Bird 1985). En efecto, esta transformación dinámica conlleva a la disminución de los sedimentos costeros, reducción de los espacios en la zona litoral activa, así como pérdida de playas, la pérdida de ecosistemas (manglares), la destrucción de sitios de anidación de tortugas marinas, la intrusión salina y cambios en la batimetría y morfología costera. Todo ello, en consecuencia, desencadena en importantes implicaciones ambientales y problemas socioeconómicos (Torres-Rodríguez *et al.* 2010).

Las playas no son elementos aislados de la línea costera, por el contrario

forman parte de los sistemas litorales y unidades fisiográficas bien definidas (Ibarra y Belmonte 2017). Por lo cual, la línea de costa de la Bahía San Lucas, al Sur del estado de Baja California Sur, México, está constituida principalmente por playas de tipo arenosas que son altamente valoradas por su atractivo paisajístico y de uso especialmente recreacional. De tal modo que, esta faja de playas constituye un renglón estratégico que dinamiza la economía de la nación.

Desafortunadamente, esta zona de la península de Baja California Sur, México se localiza en un área bajo la continua influencia de una serie de factores que aumentan la frecuencia o severidad de la erosión costera, tales como: exposición a eventos hidrometeorológicos, influencia de ciclones tropicales, exposición al cambio climático, incremento del área ocupada por el desarrollo proyectos turísticos, acción de infraestructuras urbanas, entre otros (Caetano *et al.* 2017, PNUD México-INECC2018). Además, la mayoría de las investigaciones realizadas en la península de California se han enfocado en la dinámica oceanográfica y sedimentológica de playas del Océano Pacífico, teniéndose, por lo tanto, poca información referente a su dinámica costera (Ponce 2015).

En este contexto, surge la necesidad de monitorear la línea de costa de la Bahía San Lucas y entender algunos patrones de su variación espaciotemporal para determinados sectores (playas) de esta costa, ya que el desconocimiento de las dinámicas del litoral es la principal causa del aumento de los problemas de erosión costera (Franco-Ricardo 2020).

Por lo anterior, a partir del estudio sedimentológico de Navarro (2006) en un área que cubre la Bahía San Lucas y de los análisis de Ibarra y Belmonte (2017), se tiene una base conceptual de referencia para entender algunos patrones involucrados en el en el comportamiento de la dinámica costera de la zona objeto de estudio. Por otro lado, los trabajos de Castillo y Gamarra (2014), Gómez y Cáceres (2017), Cifuentes *et al.* (2017), Cardona-Lopera (2018), Salauddin *et al.* (2018) y Ahmad-Neshaei *et al.* (2019), que han empleado fuentes de datos espaciales, registros históricos, herramientas tecnológicas, aplicativos de software y/o Sistemas de Información Geográfica (SIG), han permitido realizar evaluaciones multitemporales de la línea de costa y determinar tasas de erosión costera, que han puesto en evidencia la eficacia de estas herramientas metodológicas para llevar a cabo estudios de este tipo.

El objetivo de la presente investigación fue detectar la variación multitemporal (2000 a 2020) en el tramo costero de la Bahía San Lucas y sus ambientes de playas, a partir del estudio de su línea de costa mediante imágenes LANDSAT.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La Bahía San Lucas se localiza en el extremo sur de la península de Baja California, perteneciente al estado de Baja California Sur, México. Es un área relativamente pequeña, su entrada posee 7 Km aproximadamente de ancho y se encuentra delimitada por Punta Cabeza de Ballena al noreste y el Cabo San Lucas al suroeste (Navarro 2006). Dentro de este municipio, en San Lucas se han contabilizado un total de 22 playas, de las cuales 7 forman parte del tramo costero de la Bahía San Lucas (Bojórquez *et al.* 2015), Figura 1.

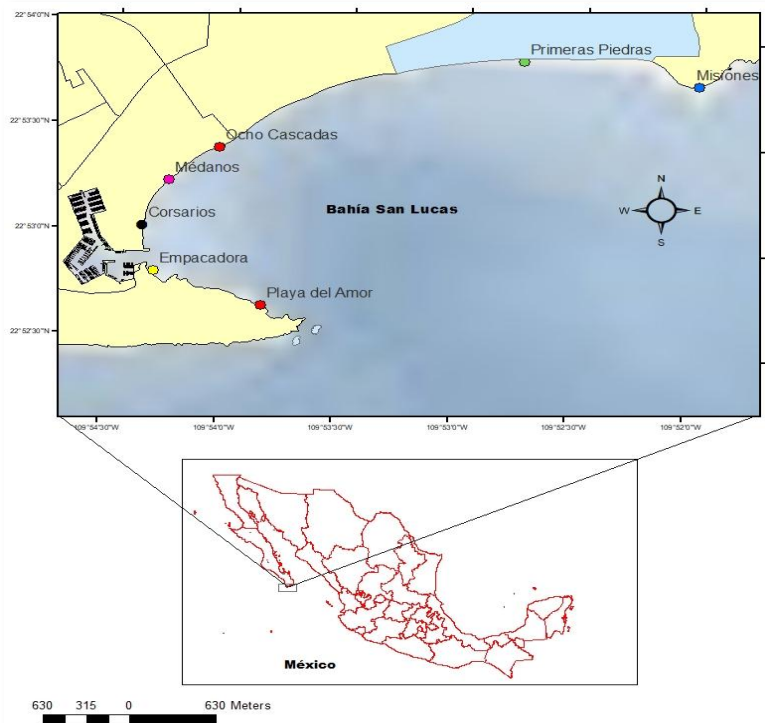


Figura 1. Área de estudio. Bahía San Lucas, estado Baja California Sur, México. Los puntos indican la ubicación de las zonas de playas según Borjóres *et al.* (2015).

Características geomorfológicas de la línea de costa.

De acuerdo a Navarro (2006), la zona costera de la Bahía San Lucas se puede dividir en cuatro zonas: (1) playas en costa rocosa con acantilados, localizadas en la margen sur y noroeste, en cuyos tramos se ubican las playas denominadas playa del Amor y playa Misiones; (2) playas con pendiente de suave a moderada y construcciones civiles situadas en la margen oeste y suroeste, principalmente en la playas El Médano y Corsarios; (3) playas de pendiente de moderada a fuerte y poco afectadas por el desarrollo civil, localizadas en la margen norte a las cuales descargan de manera efímera dos arroyos. Para esta zona se ubica la playa Primeras Piedras; y (4) playa del delta del arroyo El Salto, representada principalmente por playa Ocho Cascadas, Figura 2.

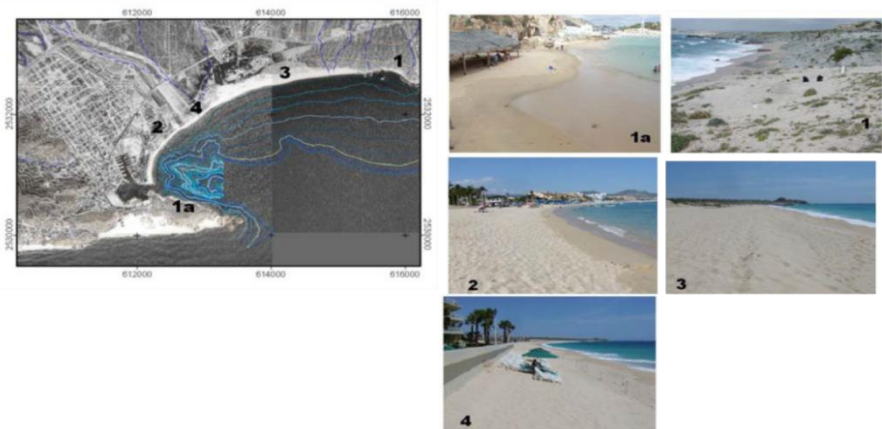


Figura 2. Configuración de la línea de costa de la Bahía San Lucas, estado Baja California Sur, México (Navarro 2006).

Imágenes multitemporales.

La fuente de datos multitemporales del satélite Landsat (TM, OLI/TIRS) se descargaron del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS) (<http://glovis.usgs.gov/>), con una resolución espacial de 30 m (Tabla 1). Para tal fin, se implementaron tres imágenes satelitales del Landsat 4-5 y 8 para comparar una imagen por período.

El análisis de la variación de la línea de costa tuvo una temporalidad de veinte años, a intervalos de diez años (2000 a 2020), dado que un enfoque de décadas es útil para estudios de erosión costera, según lo informado por Ibarra y Belmonte (2017).

Preprocesamiento de las imágenes

El procesamiento de las imágenes se realizó mediante la georreferenciación (con puntos de control) y la asignación del sistema de coordenadas apropiado (WGS 84, UTM Zona 12N), usando el software ArcGIS 10.5. Dicha metodología se aplicó dado que las imágenes satelitales de Nivel 1 pueden traer consigo defectos como distorsiones radiométricas y geométricas ocasionadas por variaciones en la altitud y la velocidad de la ubicación de los sensores con respecto a la tierra (Lillisand y Kiefer 2000).

Este tipo de correcciones es de importancia para su posterior uso en el análisis multitemporal de los recursos naturales y ambientales, para así obtener productos de calidad (Hantson *et al.* 2011).

Digitalización y extracción de la línea de costa

En la digitalización y extracción de la línea de costa se aplicó el índice de agua “Modified Normalized Difference Water Index” (MNDWI), el cual presenta un valor umbral de cero para diferenciar la imagen en dos clases (Xu 2006); y además se contó con el soporte del software ArcGIS 10.5. La ecuación MNDWI se expresa como:

Ecuación 1. MNDWI de Xu (2006).

$$MNDWI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR)$$

- Green = valores de píxel de la banda verde.
- SWIR = valores de píxel de la banda infrarroja de onda corta.

Los resultados del índice se interpretan entendiendo que las superficies de agua tienden a dar valores positivos, mientras que las correspondientes a los sustratos no hídricos exhiben valores negativos. Además, se destaca que el límite que separa el agua de las otras superficies no acuosas se considera como indicador de línea de costa (Xu 2006, Franco-Ricardo 2020). En este estudio, la extracción de la línea de costa se realizó vectorizando directamente sobre los píxeles que se encontraron entre el límite

húmedo y seco de la playa (imagen recodificada a dos clases) ya que es la zona de la costa que tiene mayor susceptibilidad a sufrir cambios por fenómenos de erosión o acreción, siendo fácilmente identificable por su cambio de reflectividad de arena húmeda a arena seca, lo cual también ayuda a minimizar el efecto de los cambios de mareas que se dan constantemente (Gómez y Cáceres 2017).

Identificación y análisis de la tasa de cambio de la línea de costa.

Luego de llevar a cabo la delineación y la extracción de las líneas de costa del tramo costero Bahía San Lucas, se utilizó la herramienta de software Digital Shoreline Analysis System (DSAS), versión 5.0, diseñada por el Servicio Geológico de los EE. UU. (USGS), la cual se presenta como un complemento que funciona dentro del software de escritorio ArcGIS de ESRI. También se siguieron algunas pautas metodológicas propuestas por Himmelstoss *et al.* (2018) para calcular las estadísticas de tasa de cambio desde las múltiples posiciones históricas de la costa, señalándose a saber:

- 1.- La creación de una base de datos geográficos, en donde se incorporó la información vectorial de interés: las líneas costeras digitalizadas en capas vectoriales de tipo polilínea (de los tres años de interés) y una línea base de referencia. Esta última se trazó haciendo uso de la herramienta de geoprocésamiento Buffer, a 150 m (distancia promedio), con orientación hacia mar adentro (offshore).
- 2.- Se estableció una serie de transectos ortogonales desde la línea base de referencia hacia las líneas costeras adjuntas. Los transectos se separaron entre sí a una distancia de 100 m y se les asignó un valor de suavizados de 100 m, dado el grado de inclinación de la pendiente de la costa.
- 3.- El cambio de la línea costera se calculó utilizando métodos estadísticos generales, tales como: NSM y EPR, los cuales arrojaron las tendencias evolutivas de la línea de costa y las tasas de erosión y acreción del área costera para el periodo de tiempo analizado (Franco-Ricardo 2020).

El movimiento neto de la costa (NSM), aportó información acerca de la distancia entre la línea costera de análisis más antigua y la más reciente, para cada transecto; por lo que permitió realizar un análisis comparativo del cambio total en la dinámica del litoral costero durante el periodo de tiempo que comprende el estudio.

La tasa de punto final (EPR) se calculó dividiendo el movimiento neto por el tiempo transcurrido en el litoral más antiguo y el más reciente en cada transecto en unidades de metros por año.

La determinación de la tendencia general de cada tramo, de los 7 segmentos de playas, se obtuvo calculando el promedio del total de transectos ortogonales representativos de cada sector de playa, en donde el número total de transectos para cada sector estuvo acorde a la longitud aproximada de cada playa y en referencia a los puntos de control localizados en cada una de éstas.

Una vez obtenidos estos resultados se realizó un análisis descriptivo de los mismos, buscando determinar la tendencia de la línea de costa tanto para el área en general como para cada zona de las playas que configuran la línea costera. Luego, se examinaron las zonas que presentaron un mayor impacto para así describir las posibles causas que incidieron en la variación de la misma. Esto último se hizo con base a los estudios y procedimientos propuestos por Castillo y Gamarra (2014).

Tabla 1. Metadatos de las imágenes satelitales empleadas para la estimación de la variación multitemporal de la línea de costa de la Bahía San Lucas, Baja California Sur, México y sus ambientes de playas.

Satélite / Sensor	Fecha de		Resolución espectral
	adquisición	Resolución (m)	
Landsat 4-5 / Sensor TM	05/24/2000	30	4
Landsat 4-5 / Sensor TM	05/29/2010	30	4
Landsat 8 / Sensor OLI TIRS	10/22/2020	30	11

RESULTADOS

En el tramo costero de la Bahía San Lucas de Baja California Sur en México, de 7 Km de longitud, se repartieron 61 transectos ortogonales desde el año 2000 al 2020; de los cuales 55 resultaron ser erosivos (90,16 %) y 6 de estos se hallaron en estado de acreción (9,84 %).

Por su parte, la tasa de punto final (EPR) reveló que el retroceso medio de la costa fue de (-) 1,2 metros por año, con valores máximos de (-) 6,02 de erosión y 1,21 de acreción, Figura 3.

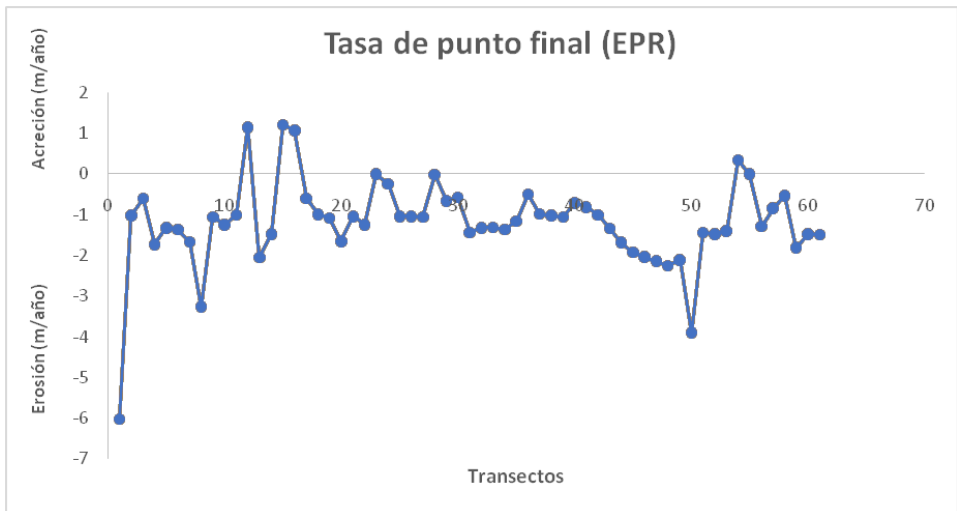


Figura 3. Tasa de punto final (EPR) de cada transecto de análisis de la línea costera de la Bahía San Lucas, Baja California Sur, México.

El movimiento neto de la costa (NSM) reveló que la mayor distancia negativa encontrada fue de (-) 122,94 metros, lo que reflejó un marcado movimiento erosivo localizado en la punta suroeste de la bahía. Por su parte, el movimiento neto de la línea de costa en proceso de acreción fue de 24,61 metros, mostrando de esta manera un proceso de acumulación en sectores aledaños a las escolleras de entrada al puerto San Lucas, Figura 4.

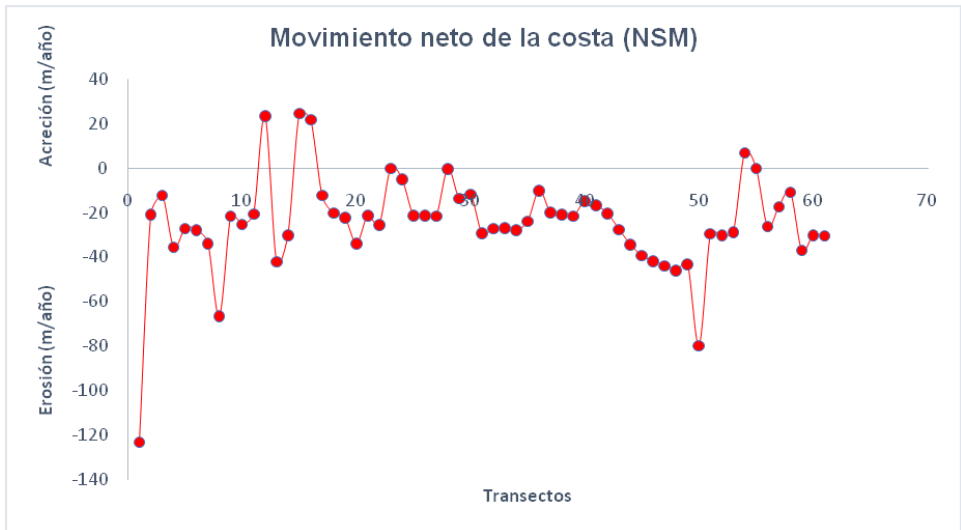


Figura 4. Movimiento neto de la costa (NSM) de cada transecto de análisis de la línea costera de la Bahía San Lucas, Baja California Sur, México.

A partir del conjunto de transectos representativos de cada segmento de playas, se visualizó un retroceso relativo en la línea de costa en 6 de las 7 zonas de playas que configuran el tramo costero de la bahía, tales como: Primeras Piedras (-) 2,09, playa Misiones (-) 1,48, playa el Amor (-) 1,16, Médanos (-) 1,08, Ocho Cascadas (-) 0,63, Empacadora (-) 0,36 y Corsario 0,27; Tabla 2. Cabe señalar, que todas estas medidas indicaron retroceso (números negativos) o sedimentación (números positivos) medidos en metros por año.

El Sistema Digital de Análisis de la Línea Costera (Digital Shoreline Analysis System, DSAS por sus siglas en inglés) permitió generar estadísticas de cambio a lo largo de la franja costera de la bahía San Lucas a partir de las imágenes satelitales trabajadas. La figura 5 se muestra las zonas con mayor dinámica en su línea de costa en los últimos 20 años, señalando los puntos de erosión, acreción y las áreas más estables (sin mayor movimiento).

Tabla 2. Tasa de punto final (EPR) promedio para cada sector de playa de la línea de costa de la Bahía San Lucas, Baja California Sur, México.

Nombre playa	Fechas de líneas de costas	Nº de transectos	EPR promedio (m/año)	Estado sedimentario de las playas
Primeras Piedras	2000 a 2020	4	-2.09	Erosión
Misiones	2000 a 2020	2	-1.48	Erosión
Playa del amor	2000 a 2020	2	-1.16	Erosión
Médanos	2000 a 2020	4	-1.08	Erosión
Ocho Cascadas	2000 a 2020	4	-0.63	Erosión
Empacadora	2000 a 2020	3	-0.36	Erosión
Corsario	2000 a 2020	3	0.27	Acreción

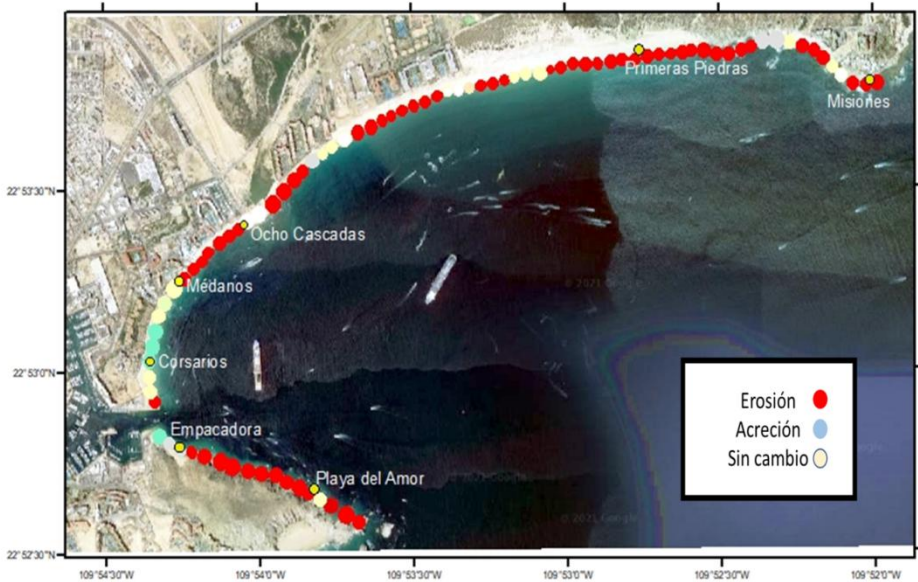


Figura 5. Dinámica costera en la Bahía San Lucas, Baja California Sur, México que muestra los procesos de erosión, acreción y las zonas más estables a partir de los cambios multitemporales de la línea de costa de los años 2000 a 2020.

DISCUSIÓN

La erosión generalizada se produce cuando el tramo de costa en proceso de erosión ocupa prácticamente todo el sistema litoral (Ibarra y Belmonte 2017). Dado que 55 de los 61 transectos resultaron ser erosivos (90,16 %) y 6 de estos se hallaron en estado de acreción (9,84 %), se evidencia, en términos generales, que la línea de costa de la bahía San Lucas exhibió una tendencia erosiva, lo que representó una pérdida del recurso costero (playas).

Este retroceso general de la línea de costa pudo haber sido originado por la combinación de diversos factores que operan a ritmos y escalas diferentes, tales como: factores propios del clima y del océano (olas, corrientes, mareas, tormentas o ciclones tropicales); factores ligados a las oscilaciones del nivel del mar de orden global (cambio climático); factores propios del sector de costa (acción eólica e hidrología); y factores relacionados con la acción antrópica. Dichos factores están señalados como los principales agentes involucrados en el retroceso de la línea de costa en diferentes trabajos, tales como los de Castillo y Gamarra (2014), Cifuentes *et al.* (2017), Gómez y Cáceres (2017), Cardona-Lopera (2018), Ahmad-Neshaei *et al.* (2019), entre otros.

No obstante, aunque diferentes estudios ya han puesto en evidencia que los factores naturales y antrópicos pueden influir en el régimen sedimentario del litoral, los cambios locales generados en la Bahía San Lucas son de diferente naturaleza, dimensión y sentido. Por lo cual, en algunos casos son bien conocidos, pero en otros solo se apunta a hipótesis explicativas que deberán ser corroboradas o refutadas por estudios subsecuentes.

Dado que el Pacífico mexicano normalmente es afectado durante el verano por ciclones tropicales y en donde las costas de Baja California están sujetas a inundaciones extremas producidas por el escurrimiento de huracanes, Martínez-Gutiérrez (2004) ha señalado que probablemente el factor climático que más está afectando la morfología costera del área de estudio puede estar relacionado con la presencia de eventos hidrometeorológicos que han impactado en la zona. En efecto, Navarro (2006) reportó que en condiciones de tormentas (principalmente para la zona 2 de la bahía San Lucas), la playa retrocede y se establece al pie de los muros paralelos a la línea de costa, lo que genera pérdidas de arena en la playa, traslado de

sedimento y derrumbe de las infraestructuras circundantes.

Dentro de tales eventos meteorológicos, documentados para las fechas cercanas a las imágenes satelitales trabajadas, se pueden mencionar al huracán Juliette en el 2002 y el huracán Odile en el 2014. Sin embargo, a pesar de que las tormentas causan modificación en la línea de costa, las playas erosionadas durante estos eventos vuelven a regenerarse durante las aguas mansas o swells (Ibarra y Belmonte 2017). Así que tales eventos pueden generar cambios, pero son de corto plazo.

Un factor puntual que acelera la erosión costera es el cambio climático, como consecuencia del aumento del nivel del mar y del incremento de las tormentas a nivel mundial; lo que intensifica los procesos erosivos en la zona litoral (Ibarra y Belmonte 2017). En este contexto, los datos de nivel del mar para México muestran tendencias similares a las globales y, en particular, en Baja California Sur ya se evidencian impactos negativos por elevación del nivel medio del mar (Reyes *et al.* 2020). Por consiguiente, el ascenso del nivel del mar a escala global puede estar influyendo sobre los cambios en la línea de costa y el avance o retroceso de las playas del sector estudiado.

Puesto que las costas son especialmente sensibles a las actividades humanas y sus impactos son más significativos, rápidos y a veces irreversibles (Ibarra y Belmonte 2017), quizás, el principal factor que ha desencadenado el proceso erosivo en la costa de la bahía San Lucas esté relacionado con las distintas actividades humanas que se han desarrollado en la zona, tales como: infraestructura hotelera, construcción de obras costeras, ocupación de territorio y la afluencia turística. Teniendo en cuenta, además, que el turismo en Los Cabos representa la actividad que sostiene la economía local; lo que, consecuentemente, ha propiciado a que en los últimos años se haya generado un importante crecimiento en cuanto a la infraestructura de apoyo al turismo, incremento demográfico y avance a la inversión (Gobierno del Estado de Baja California Sur. Secretaría de Turismo, Economía y Sustentabilidad [SETUES] 2020). Por lo cual, esto último ha fomentado un desarrollo territorial que ha transformado el litoral en una zona sobreexplotada.

Por lo anterior, cabe mencionar que una de las infraestructuras costeras más representativas y que puede estar relacionada con el desequilibrio dinámico en la línea de costa de la bahía, es el puerto artificial San Lucas, dado que este tipo de obras marítimas son estructuras que interrumpen o modifican el transporte litoral y constituyen elementos con gran capacidad de alteración de la dinámica litoral.

Una de las interferencias que provocan los puertos es el bloqueo de transporte de sedimentos de la deriva litoral, lo que induce al déficit y, por tanto, a la erosión a lo largo de la costa adyacente (Ibarra y Belmonte 2017)

Procesos clave de la dinámica costera en sectores de playas

Dentro de la clasificación de la zona costera de la Bahía San Lucas, la playa del Amor y playa Misiones forman parte de la zona uno y se localizan en los extremos salientes de la margen sur y noroeste respectivamente, Figura 5. A pesar de que esta zona se caracteriza por presentar rasgos geomorfológicos de playas con costas rocosas y de acantilados, estos sectores definen una trayectoria evolutiva clara con importante retroceso de su línea de costa. Este hecho coincide con los datos reportados por Cardona-Lopera (2018) para sectores de playas con acantilados en áreas costeras del Caribe colombiano.

El proceso erosivo de la zona uno puede ser entendido por efectos del oleaje, ya que este es el agente climático marino con mayor capacidad de acción sobre la costa y es el principal factor relacionado con el retroceso de acantilados (Sunamura 2015, Ibarra y Belmonte 2017).

En efecto, el oleaje dominante que llega a la Bahía San Lucas es refractado por las salientes rocosas de la bahía (margen sur y noroeste); lo que hace que, en estas playas, la energía del oleaje se incremente, y al existir este aumento energético, los granos de tamaño medio a fino son removidos del sedimento por el oleaje y generalmente depositados en las zonas donde la energía del oleaje disminuye. Estas últimas áreas pueden corresponder a las partes protegidas de la bahía o a las zonas localizadas detrás de la rompiente (Navarro 2006).

Por el contrario, la tasa de acreción más activa se localiza en zonas aledañas a las escolleras que dan entrada al puerto San Lucas. Precisamente, adyacentes a estas estructuras se ubican las playas denominadas Empacadora y Corsarios, cuyos tramos intercalan transectos en erosión y acumulación. Por lo cual, en estos segmentos de

playas se ha generado un entorno más estable siendo la playa Corsarios la única en presentar una tasa de acumulación, mientras que la playa Empacadora ha registrado la tasa de erosión más baja. Por lo tanto, estas zonas de playas pueden estar favorecidas por la construcción de las escolleras; ya que son los elementos que, aunado a otros factores, justifican la acumulación de sedimentos y el mecanismo por el cual estos sectores muestren procesos de acreción.

A este respecto, Montañó y Gutiérrez (1988) mencionan que la presencia de escolleras en la playa propicia turbulencia y reflexión del oleaje, lo cual puede impedir el flujo del transporte litoral y favorecer el depósito de sedimentos en alguno de los flancos de la estructura. Por su parte, Cardona-Lopera (2018) reportó que ciertos sectores de playas en costas colombianas se vieron favorecidos por la existencia de estructuras de contención pero que otros se notaron severamente afectados. Lo que apunta a que las obras defensas retienen la erosión en puntos específicos, pero la agudizan en otros.

Por otro lado, la mayoría de los transectos que se tipificaron como estables se presentaron en el área más céntrica de la bahía, lo que sugiere que sectores de playas localizados en esta zona deben estar influidos significativamente por procesos de deposición o retención de la erosión. Precisamente, esta área abarca la clasificación de zona cuatro, donde se ubica playa Ocho Cascadas. En esta zona, la playa intercambia transectos erosivos con transectos acumulativos de baja intensidad que contribuyen a estabilizar, en parte, su línea de costa. En este sentido, el retroceso de esta playa puede estar frenado por la mayor actividad sedimentológica que se produce en este sector, ya que comprende la zona de la bahía donde desembocan los deltas de la cuenca hidrográfica El Salto, que según Navarro (2006) es la principal fuente de aporte al sistema, la cual interviene en procesos de arrastre, descarga y deposición de sedimentos por acción del flujo de este cuerpo de agua. Especialmente, el arroyo El Salto en época de tormentas transporta grandes cantidades de sedimento a la bahía.

Las observaciones anteriores coinciden con lo señalado por Cifuentes *et al.* (2017) y Salauddin *et al.* (2018) quienes reportaron patrones de acreción o retención de la erosión en ciertas zonas costeras relacionadas con la deposición de cargas de volumen

de sedimentos por acción de cuerpos de agua. Aunado a lo anterior, cabe mencionar que la energía de oleaje para la parte céntrica de la bahía oscila entre moderada a baja (Navarro, 2006), lo que le confiere cierto estado de protección a la costa por tratarse del área más cerrada de la bahía.

Por su parte, la playa Primeras piedras, ubicada en la zona 3, registró el promedio de erosión más alta durante los últimos 20 años; tendencia precisada por los altos valores de NSM (-79.67 m/año). Este retroceso puede estar siendo mediado por la alta presión antrópica que se ha generado en los últimos años en este sector, ya que se trata de un ambiente de playa de acceso libre destinada especialmente para uso recreacional (Bojórquez *et al.* 2015). Este segmento de playa ha sido interrumpido por la urbanización del frente costero con el avance de las edificaciones y, en consecuencia, ha enmarcado a esta zona en un entorno totalmente antropizado que ha afectado a la evolución normal de estos sectores de playas.

Otro factor importante que ha generado esta tendencia erosiva en este sector está relacionado con el perfil batimétrico característico de esta zona. A este respecto Navarro (2006), mencionó que El Cañón San Lucas juega un papel importante en la refracción del oleaje, porque provoca la divergencia de los rayos del oleaje en el eje principal del cañón submarino y convergencia en la parte somera de la plataforma interna; esto da como resultado olas bajas en el área de la playa El Médano y playa Empacadora, mientras que se presentan olas altas en la parte este-noreste de la bahía, que incide en el sector de playa Primeras piedras.

CONCLUSIONES

La tendencia erosiva de la línea de costa de la Bahía San Lucas representa una pérdida del recurso costero playas. La tasa de punto final (EPR) y el movimiento neto de la costa (NSM) sirven de referencia para el seguimiento, planificación y gestión en políticas de manejo de los litorales.

El conjunto de playas que configuraran el tramo costero de la Bahía San Lucas evidencia una tendencia hacia el comportamiento erosivo. Por lo cual, estas tasas y distancias de movimientos representan una base científica útil para las autoridades de manejo de las zonas costeras, a fin de dirigir planes en políticas de ordenamiento, gestión de los territorios, gestión de riesgos, regulación de las zonas costeras u otras.

Los sensores remotos y los SIG demostraron ser herramientas útiles para el análisis de la línea costera. Por lo tanto, la metodología empleada puede servir de fundamento para llevar a cabo evaluaciones en los sistemas litorales en términos de erosión y acreción en otras áreas de importancia ambiental.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecemos a los árbitros anónimos por la revisión y enriquecimiento de ideas para este manuscrito. De igual forma, agradecemos a Teresa Martínez Leones y a Antonio Vera por las sugerencias efectuadas en la mejora del trabajo.

LITERATURA CITADA

AHMAD, N. S., P. L. ALEMI SAFAVA, K. Z. MIR MASOUD y K. PARASTOO. 2019. Study of morphological changes and sustainable development on the Southern coasts of the Caspian Sea using remote sensing and GIS. *Transactions on Ecology and the Environment*. 217: 771-779.

BIRD, E. C. F. 1985. *Coastline changes: a global review*. 1ª Edición. Nueva York: Editorial: Wiley & Sons, Incorporated, John.

BOJÓRQUEZ LUQUE, J., M. A. VILLA y A. E. GÁMEZ VÁZQUEZ. 2015. Apropiación del territorio costero en Cabo San Lucas, Baja California Sur, México: los casos de las playas y la propiedad ejidal. *Revista de Turismo y Patrimonio Cultural*. Colección PASOS Edita, 15. Pp. 1:32.

CAETANO, E., L. MARTON, V. INNOCENTINI, C. DOMÍNGUEZ, A. CARACAS y L. GALVÁN. 2017. El cambio del nivel del mar y eventos extremos en el Pacífico mexicano. Pp. 85-104, en A. V. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez y J. L. Rojas Galaviz (eds.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático*.

CASTILLO, M. A. y E. A. GAMARRA. 2014. Análisis multitemporal de la línea de costa en la isla de Tierra Bomba y proyección del mapa de inundación por aumento del nivel medio del mar. *Bol. Cient. CIOH* 32:163-177. Disponible en: https://www.cioh.org.co/dev/publicaciones/acceso_dev.php?nbol=cioh_bcc3211.pdf

CIFUENTES OSSA, M. A., L. V. ROSERO HENAO y J. J. SELVARA. 2017. Detección de cambios de la línea costera al Norte del distrito de Buenaventura mediante el uso de sensores remotos. Bol. Invest. Mar. Cost. 46(1): 137-152. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/320216763_DETECCION_DE_CAMBIOS_DE_LA_LINEA_COSTERA_AL_NORTE_DEL_DISTRITO_DE_BUENAVENTURA_MEDIANTE_EL_USO_DE_SENORES_REMOTOS

CARDONA LOPERA, D. 2018. Actualización de la migración de la línea de costa de acantilados blandos tropicales entre Minuto de Dios y Puerto Rey, Sur de la costa caribe colombiana. Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de geóloga. Departamento de Ciencias de la Tierra, Escuela de Ciencias. Universidad Medellín, Colombia. Pp. 1:37. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/12891/Daniela_CardonaLopera_2018.pdf?sequence=2&isAllowed=y

FRANCO RICARDO, K. 2020. Comparación de metodologías que utilizan sistemas de información geográfica para la evaluación multitemporal de la línea de costa a partir de imágenes multiespectrales. Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de: Especialista en Medio Ambiente y Geoinformática. Universidad de Antioquia, Facultad de Ingeniería, Escuela Ambiental Medellín, Colombia. pp. 1: 42. Disponible en: https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15716/1/FrancoKevin_2020_MetodologiasEvaluacionMultitemporal.pdf

GÓMEZ J. A. y J. D. CÁCERES. 2017. Variación de la línea de costa en la aldea de Cedeño, y cartografía de amenaza ante marejadas y ascenso del nivel del mar. Revista Portal de la Ciencia, No. 13. Pp. 1:16.

GOBIERNO DEL ESTADO DE BAJA CALIFORNIA SUR. Secretaría de Turismo, Economía y Sustentabilidad [SETUES], Dirección de Informática y Estadística (2020). Los Cabos, Información Estratégica. Edición 2020. Publicaciones DIE. Disponible en: Los Cabos. Información Estratégica 2020 - Biblioteca Digital - SETUES (setuesbcs.gob.mx).

HIMMELSTOSS E. A., A. S. FARRIS, R. E. HENDERSON, M. G. KRATZMANN, A. ERGUL, O. ZHANG, J. L. ZICHICHI y E. R. THIELER. 2018. Digital Shoreline Analysis System (version 5.0): U. S. Geological Survey software release, <https://code.usgs.gov/cch/dsas>.

HANTSON, S., E. CHUVIECO, X. PONS, C. DOMINGO, C. CEA, G. MORÉ y J. A. TEJEIRO. 2011. Cadena de procesamiento estándar para las imágenes Landsat del

Plan Nacional de Teledetección. Revista de Teledetección, Asociación Española de Teledetección 36: 51-61.

IBARRA, D. y F. BELMONTE. 2017. *Comprendiendo el litoral: Dinámica y procesos*. 1ª edición. Universidad de Murcia. Servicio de Publicaciones. Campus de Espinardo, 30100-MURCIA. Pp. 1: 67. Disponible en: <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2017/12/IbarraBelmonte.pdf>

LILLISAND, M. T. y W. R. KIEFER. 2000. *Remote sensing and image interpretation*. Wiley, Nueva York.

MARTÍNEZ-GUTIÉRREZ, G. 2004. Huracanes en Baja California, México y sus implicaciones en la sedimentación en el Golfo de California. *GEOS*. 24(1): 57-64.

MONTAÑO, L. Y. y M. GUTIÉRREZ-ESTRADA. 1988. *Dinámica de playas del delta del río Balsas, México*. Inst. Ciencias del Mar, Univ. Nal. Autón. México. Pp. 1:15.

NAVARRO LOZANO, J. O. 2006. *Caracterización sedimentológica y geomorfológica de los ambientes costeros en la bahía San Lucas, Baja California Sur, México*. Tesis para obtener el grado de maestro en ciencias marinas con especialidad en manejo de recursos marinos. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas, Departamento de Oceanología. La paz, b. c. s, México. Pp.1:157.

PONCE BASTIDAS, J. S. 2015. *Dinámica costera en las playas El Cardonal y Cabo Pulmo, Baja California Sur*. Tesis que para obtener el grado de maestría en ciencias en manejo de recursos marinos. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. La Paz, B. C. S. pp. 1:100.

PNUD MÉXICO-INECC. 2018. *Caracterización y regionalización de las zonas costeras de México en condiciones actuales y con cambio climático*. Proyecto 86487 "Plataforma de Colaboración sobre Cambio Climático y Crecimiento Verde entre Canadá y México". 204 pp. Georges Seingier, Lourdes Villers, Ileana Espejel y Oscar Jiménez. Convenio de Colaboración: Universidad Autónoma de Baja California. México.

REYES BONILLA, H., S. C. DÍAZ CASTRO y A. GONZÁLEZ BAHEZA. 2020. El incremento del nivel del mar: afectación en costas mexicanas en Cambio Climático, adaptación y resiliencia en el noroeste de México. En: Elvia Aida Marín Monroy,

Víctor Hernández Trejo, Gerzaín Avilés Polanco, Ramón Valdivia Alcalá. Cambio Climático, adaptación y resiliencia en el noroeste de México.

SALAUDDIN, M. D., T. HOSSAIN KHANDAKER, A. TANIM ISTIAQE, A. KABIR y S. M. HASAN. 2018. Modeling spatio-temporal shoreline shifting of a coastal island in BANGLADESH USING GEOSPATIAL TECHNIQUES AND DSAS EXTENSION. *Annals of Valahia University of Targoviste. Geographical Series.* 18(1): 1-13.

SUNAMURA, T. 2015. Rocky coast processes: with special reference. *Proceedings of the Japan Academy. Series B, Physical and Biological Sciences.* 91(9): 481-500.

TORRES RODRÍGUEZ, V., A. MÁRQUEZ GARCÍA, A. BOLONGARO CREVENNA, J. CHAVARRIA HERNÁNDEZ, G. EXPÓSITO DÍAZ y E. MÁRQUEZ GARCÍA. 2010. Tasa de erosión y vulnerabilidad costera en el estado de Campeche debidos a efectos del cambio climático, p. 325-344. En: A.V. Botello, S. Villanueva-Fragoso, J. Gutiérrez, y J. L. Rojas Galaviz (ed.). *Vulnerabilidad de las zonas costeras mexicanas ante el cambio climático.* Universidad Autónoma de Campeche. 514 p.

XU, H. 2006. Modification of normalised difference water index (NDWI) to enhance open water features in remotely sensed imagery. *International Journal of Remote Sensing.* 27(14): 3025-3033.

BOLETÍN
DEL CENTRO DE INVESTIGACIONES BIOLÓGICAS
 AN INTERNATIONAL JOURNAL OF BIOLOGY
 PUBLISHED BY THE UNIVERSITY OF ZULIA, MARACAIBO, VENEZUELA
 Vol. 56, N° 1, Pp. 1-154, Enero-Junio 2022

CONTENTS

HALIMEDA OPUNTIA AS SUSTRATE TO POLYCHAETE POTAMILLA sp. IN THALASSIA TESTUDINUM MEADOWS. <i>Ricardo Bitter-Soto y Luis Lemus Jiménez.....</i>	1
NEW GENUS SURETONORPUS FROM VENEZUELA (COLEOPTERA: NOTERIDAE: PRONOTERINI). <i>Mauricio García.....</i>	19
MULTITEMPORAL VARIACIÓN OF THE COASTLINE OF SAN LUCAS BAY, BAJA CALIFORNIA SUR, MÉXICO AND ITS BEACH ENVIRONMENTS. <i>Luis R. Núñez, Alejandro G. Matiano y Sandra J. Núñez.....</i>	52
PARACYMUS FROM VENEZUELA (COLEOPTERA: HYDROPHILIDAE: LACCOBIINI), PARTE IV: ADDITIÓN OF SIX NEW SPECIES. <i>Mauricio García.....</i>	72
FLORÍSTIC OF PLANT COMMUNITIES ON THE CORREGENTE MINING, AREA BOCHINCHE, IMATACA FORESTRY RESERVE, SANTA MARÍA RIVER BASIN, BOLÍVAR STATE, VENEZUELA. <i>Wilmer Díaz-Pérez y Raúl Rivero.....</i>	101
MELONGENA MELONGENA (LINNAEUS, 1758) IN BOCARIPO LAGOON SYSTEM, NORTHEASTERN DE FROM VENEZUELA. <i>Erickxander Jiménez-Ramos, Jaime Frontado-Salmerón, Lederle Hernández-Otero y Vanessa Acosta-Balbás.....</i>	123
INSTRUCTIONS FOR AUTHORS.....	145