

ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación de la erosión y acreción costera en la bahía externa de Buenaventura entre 1969 y 2023

Assessment of coastal erosion and accretion in the Buenaventura External Bay between 1969 and 2023

DOI: <https://doi.org/10.26640/22159045.2025.646>

Fecha de recepción: 2024-07-30 / Fecha de evaluación: 2025-08-15 / Fecha de aceptación: 2025-09-15

Diana Carolina Niño Pinzón¹, Kevin Andrés Eisinguer Valderrama²

CITAR COMO:

Niño, D. C. y Eisinger, K. A. (2025). Evaluación de la erosión y acreción costera en la bahía externa de Buenaventura entre 1969 y 2023. *Boletín Científico CIOH*, 44(1), 29-39. <https://doi.org/10.26640/22159045.2025.646>.

RESUMEN

Este artículo presenta los resultados obtenidos del análisis de la evolución de la línea de costa entre 1969 y 2023 en los sectores de isla Soldado, isla Santa Bárbara, Bazán Bocana y Piangüita (bahía externa de Buenaventura). La digitalización de la línea de costa se realizó bajo una perspectiva geomorfológica y fisiográfica, y para la cuantificación de los cambios se utilizó el software Digital Shoreline Analysis System (DSAS, por sus siglas en inglés). Se calcularon las tasas de erosión/acreción, los movimientos netos de la línea de costa y la mayor distancia entre todas las líneas de costa independientemente de las fechas, encontrando que las tasas de erosión y acreción fueron en Bazán Bocana y Piangüita estuvieron dentro del rango ± 2 m/año; en isla Soldado, entre 10.7 y -10.74 m/año, e isla Santa Bárbara, entre 5.9 y -8.92 m/año; clasificando estas líneas de costa como estables en Bocana y Piangüita, y con erosión y acreción alta en las islas.

PALABRAS CLAVES: línea de costa, erosión costera, acreción, Pacífico, Colombia.

ABSTRACT

This article presents the results obtained from the analysis of the evolution of the coastline between 1969 and 2023 in the sectors of Soldado Island, Santa Bárbara Island, Bazán Bocana and Piangüita (Buenaventura external Bay). The digitization of the coastline was carried out from a geomorphological and physiographic perspective, and DSAS (Digital Shoreline Analysis System) software was used to quantify the changes. Erosion/accretion rates, net shoreline movements and the greatest distance between all shorelines were calculated regardless of dates, finding that erosion and accretion rates were: at Bazán Bocana and Piangüita were within the range ± 2 m/yr, at Soldado Island between 10.7 and -10.74 m/yr, and Santa Bárbara Island between 5.9 and -8.92 m/yr. Classifying these shorelines as stable at Bocana and Piangüita, and with high erosion and accretion on the islands.

KEYWORDS: Shoartline, coastal erosion, accretion, Pacific, Colombia

¹ Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5557-4517>. Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico (CCCP) de la Dirección General Marítima (Dimar). Correo electrónico: dnino@dimar.mil.co

² Orcid: <https://orcid.org/0009-0006-9707-1957>. Universidad de Antioquia. Correo electrónico: kevin.eisinguer@gmail.com



Publicado por la Dimar

INTRODUCCIÓN

La erosión costera se define como el retroceso de la costa o la erosión de las playas como resultado de la interacción entre los materiales que conforman la línea de costa y los agentes erosivos naturales y antropogénicos (Ungrd, 2017). El interés de la población en las zonas costeras por brindar oportunidades comerciales, turísticas, de transporte, de recursos y de comunicaciones (Cohen *et al.* 1997 en Dimar-CCCP, 2013) ha ejercido una fuerte presión en ellas, conllevando a la destrucción de hábitats, contaminación, erosión y agotamiento de recursos, generando conflictos entre los usuarios y problemas socioeconómicos (MinAmbiente, 2017).

Actualmente, a nivel global, el retroceso de la línea de costa por erosión se destaca entre las principales amenazas a las que están sometidas las zonas costeras y se relaciona con el ascenso del nivel del mar en función del cambio climático, pues al aumentar el nivel del mar aumenta la amenaza a las zonas costeras frente a desastres naturales, siendo este aumento directamente proporcional a la magnitud de este y, por ende, las áreas de inundación producidas son más extensas (Duncan *et al.*, 2008).

Actualmente, a nivel global, el retroceso de la línea de costa debido a la erosión se reconoce como una de las principales amenazas para las zonas costeras. Esta problemática está estrechamente relacionada con el aumento del nivel del mar provocado por el cambio climático. A medida que el nivel del mar se eleva, también lo hace el riesgo de desastres naturales en estas áreas, ya que dicho incremento intensifica la exposición y vulnerabilidad del litoral. En consecuencia, las zonas de inundación se vuelven más extensas, en proporción directa a la magnitud del ascenso del nivel del mar (Duncan *et al.*, 2008).

En Colombia, los litorales Caribe y Pacífico no son ajenos a estos procesos de erosión, producto de la acción de la naturaleza o por intervenciones antrópicas, traducidas en el cambio de las líneas de costa, procesos que, según Correa y Vernet (2004), Invemar-GEO (2015), Paniagua (2013) y Vernet *et al.* (2012), se han agudizado en las tres últimas décadas, convirtiéndose en un problema que se traduce en pérdida de playas, acantilados y otras geoformas costeras (Posada *et al.* 2009).

En aras de preservar y/o generar ganancias en estas zonas, se llevan a cabo construcciones como obras de protección y de recreación sin los estudios pertinentes, lo que provoca en la mayoría de los casos, efectos contrarios a los deseados.

El estudio de la línea de costa ha sido abordado en las últimas décadas por varios autores entre los que se destacan Cardona (2018), Castañeda (2017), Coca y Ricaurte (2019), Coca y Ricaurte-Villota (2022), Correa *et al.* (2007), Correa y Vernet (2004), Ferrucho-Maloof *et al.* (2022), González y Correa (2001), Paniagua (2013), Posada *et al.* (2009) y Zambrano y Andrade, (2011). El objetivo principal de algunos de estos estudios son los procesos erosivos por el alto impacto que tienen en los ecosistemas y asentamientos humanos, y se ha evaluado su efecto en ámbitos socioeconómicos y ambientales, como lo expuesto por Coca y Ricaurte (2019), donde se determina la vulnerabilidad de las poblaciones a la erosión costera.

En el área de interés se han llevado a cabo algunos estudios sobre los avances y retrocesos de la línea de costa, y la caracterización de geoformas de depósito y erosivas, tal es el caso de Posada *et al.* (2009), quien realiza una descripción del tipo de línea de costa, el tipo de roca asociada (cohesivas y no cohesivas), los factores involucrados en los procesos de sedimentación y erosión, así como una caracterización general del área y mapas a escala 1:100 000 de las unidades geomorfológicas, los rasgos geomorfológicos, las facies sedimentarias y la línea de costa. Alejandra *et al.* (2017) determinan la magnitud del cambio de la línea de costa al norte del distrito de Buenaventura con imágenes satelitales Landsat de 1986, 2001 y 2015, con una resolución espacial de 30 m, encontrando que en la Bocana y Punta Soldado las tasas de erosión/acreción estuvieron entre 5 y -5 m/año; Invemar-GEO (2015) en el informe técnico donde describen la evolución reciente de la zona costera de Valle del Cauca, analizan la línea de costa entre 1971 y 2015 en el sector de Punta Soldado, encontrando que entre 1971 y 2011 la línea de costa retrocedió 85 m, y entre 2011 y 2015 retrocedió 47 m. Sin embargo, no existen estudios que caractericen con mayor resolución espacial y temporal la evolución de la línea de costa en todos los sectores de estudio de esta publicación.

Actualmente, no existen estudios previos sobre los movimientos de la línea de costa en las áreas analizadas con una escala detallada de 1:5000, ni con una serie temporal tan amplia como la considerada en esta investigación (1969, 1982, 2006, 2016 y 2023). El objetivo de este artículo es cuantificar los desplazamientos netos de la línea de costa, así como las tasas de erosión y acreción en la parte externa de la bahía de Buenaventura. Para ello se emplea el software DSAS, desarrollado por el United States Geological Survey (USGS, por sus siglas en inglés), utilizando fotografías históricas del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC), ortofotografías e imágenes satelitales capturadas entre 1969 y 2023. El análisis se centra en los sectores de isla Soldado, isla Santa Bárbara, Bazán Bocana y Piangüita.

ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra ubicada en la parte externa de la bahía de Buenaventura. Comprende los sectores de Piangüita, Bazán Bocana y las islas Soldado y Santa Bárbara, en el municipio de Buenaventura, departamento Valle del Cauca (Fig. 1). Geomorfológicamente, Punta Soldado y Santa Bárbara, son islas barrera, planicies intermareales vegetadas y playas, geoformas asociadas a la interacción de la dinámica marina y la de los ríos que desembocan allí, como el Raposo, Dagua y Anchicayá. Al norte, en Bazán Bocana y Piangüita hay playas, llanura costera y colinas.

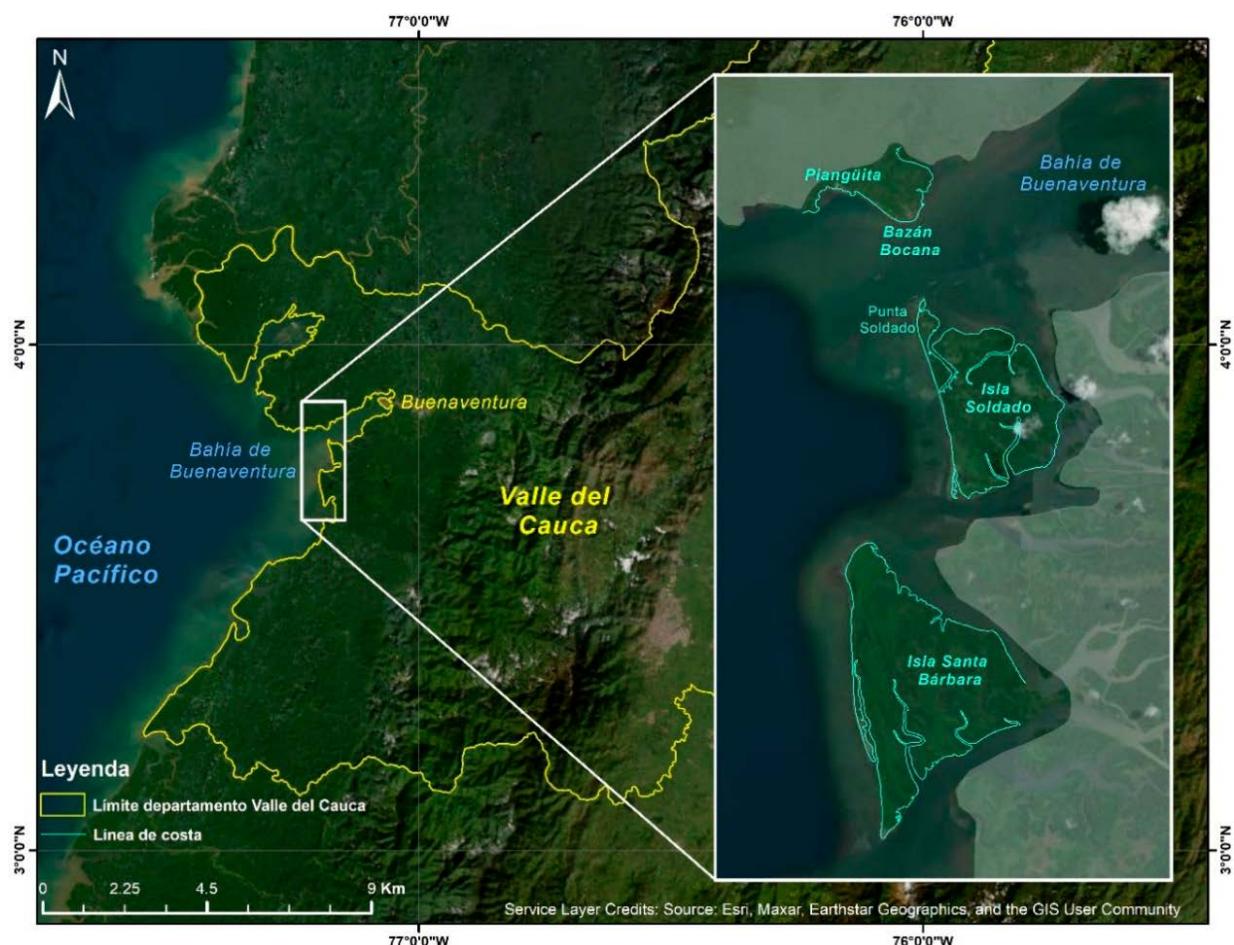


Figura 1. Localización área de estudio.

METODOLOGÍA

Datos

Para la extracción de las líneas de costa se utilizaron fotografías aéreas del IGAC, ortofotografías e imágenes satelitales de diferente temporalidad, las cuales se relacionan en la Tabla 1:

Tabla 1. Sensores remotos.

Sensor remoto	Resolución	Año	Observaciones
Fotografía del IGAC	0.9 metros/píxel	1969 y 1982	Base de datos de la Dimar
Ortofotografías	0.25 metros/píxel	2006	Base de datos de la Dimar
Imágenes satelitales	0.3 metros/píxel	2016	Constelación Maxar – Base de datos de la Dimar
Imágenes satelitales	5 metros/píxel	2023	Satélites Sentinel 2 descargadas de LandViewer

Criterios de definición de línea de costa y proceso de digitalización

La digitalización de las líneas de costa se realizó a escala 1:5000 de acuerdo con la fotointerpretación que se realizó con las imágenes satelitales de menor resolución (Sentinel 2 de 5 m), complementadas en algunos tramos con imágenes de mayor resolución sin reducción, para conservar detalles geomorfológicos relevantes. Los criterios de digitalización se definieron bajo una perspectiva geomorfológica y fisiográfica, los cuales se mencionan a continuación (Fig. 2):

- **Costas rocosas:** conectadas directamente con el mar, la línea de costa se define a partir de la base de los acantilados o el límite de afloramientos rocosos (Ojeda Zújar *et al.*, 2013) (Fig. 2a).
- **Zonas de manglar:** se desarrollan en zonas intermareales y uno de sus principales servicios ecosistémicos es proteger las costas de la erosión. En este caso la línea de costa es definida por el borde del manglar (Fig. 2b).
- **Playas:** definida por el contacto interno de la playa seca (*backshore*) y la vegetación permanente o duna costera, si se encuentra presente (Fig. 2c).
- **Infraestructuras en contacto directo con el mar:** definida por el límite externo de la infraestructura que está en contacto con el mar (Fig. 2d).

La digitalización de líneas de costa fue realizada por una sola persona experta en el tema, con el fin de disminuir al máximo la subjetividad inevitable en el proceso de fotointerpretación y siempre a una única escala (1:5000) para así garantizar la coherencia geométrica (Ojeda Zújar *et al.*, 2013).

Medición de cambios y cálculo de tasas de erosión

Para medir los cambios netos de la línea de costa y calcular las tasas de erosión se utilizó el software DSAS, el cual es compatible con ArcGIS. Para el uso de esta herramienta se debe crear una línea de costa para cada año entre los que se establecerán las mediciones, y una línea base digitalizada aproximadamente paralela a las líneas de costa, a una distancia prudente de donde partirán los diferentes transectos ortogonales que intersecan con las líneas de costa. La herramienta genera de forma semiautomática los transectos una vez el analista le ha asignado una separación (Fernández de la Torre, s.f.). Para este estudio la distancia entre transectos es de 50 m de acuerdo con la escala de trabajo. Los estadísticos calculados por el software DSAS durante este proceso fueron:

- **Net Shoreline Movement (NSM):** calcula el movimiento neto de la línea de costa, es decir, el movimiento entre la línea de costa más antigua y la más reciente.



Figura 2. Criterios para digitalización de las líneas de costa. **a.** Línea de costa definida por la base de los acantilados. **b.** Línea de costa definida por el borde de manglares en planos intermareales. **c.** Línea de costa definida por el límite interno de una playa. **d.** Línea de costa definida por el borde de las infraestructuras.

- **End Point Rate (EPR):** calcula la tasa de cambio de la línea de costa en metros por año, es decir, es el cociente entre NSM y el tiempo transcurrido.
- **Shoreline Change Envelope (SCE):** calcula la mayor distancia entre todas las líneas de costa, independientemente de las fechas (Himmelstoss *et al.*, 2021).

Para la clasificación del grado de erosión y acreción costera se utilizaron las categorías de evolución costera propuestas por Del Río *et al.* (2013), las cuales son presentadas en la Tabla 2:

Tabla 2. Clasificación del nivel de acreción y erosión.
[Tomado de: Del Río *et al.* (2013)].

Rango EPR (m/año)	Clasificación de los procesos de cambios de la línea costera
< -15	Erosión muy alta
< -5 a -15	Erosión alta
< -2 a -5	Erosión moderada
-2 a <2	Estable
>2 a 5	Acreción moderada
> 5 a <15	Acreción alta
>15	Acreción muy alta

RESULTADOS

Bazán Bocana y Piangüita

Los resultados obtenidos con el software DSAS evidencian que en Bazán Bocana y Piangüita la línea de costa se ha mantenido estable debido a que el estadístico EPR se encuentra en el rango -2 a 2 m/año. En cuanto al estadístico NSM, ha tenido movimientos netos negativos (erosión) que llegan a los -86.2 m y movimientos netos positivos (acreción) de 871 m. El estadístico SCE

muestra que la mayor distancia recorrida de la línea de costa fue de 87.1 m (Fig. 3). En general, de los 4.07 km analizados de línea de costa en ese sector, el 35.44 % se ha erosionado y el 64.56 % se ha acrecido; sin embargo, estos procesos han sido leves pues sus valores de EPR se encuentran en el rango que define a la línea de costa como estable (-2 a 2 m/año) (Tabla 2).

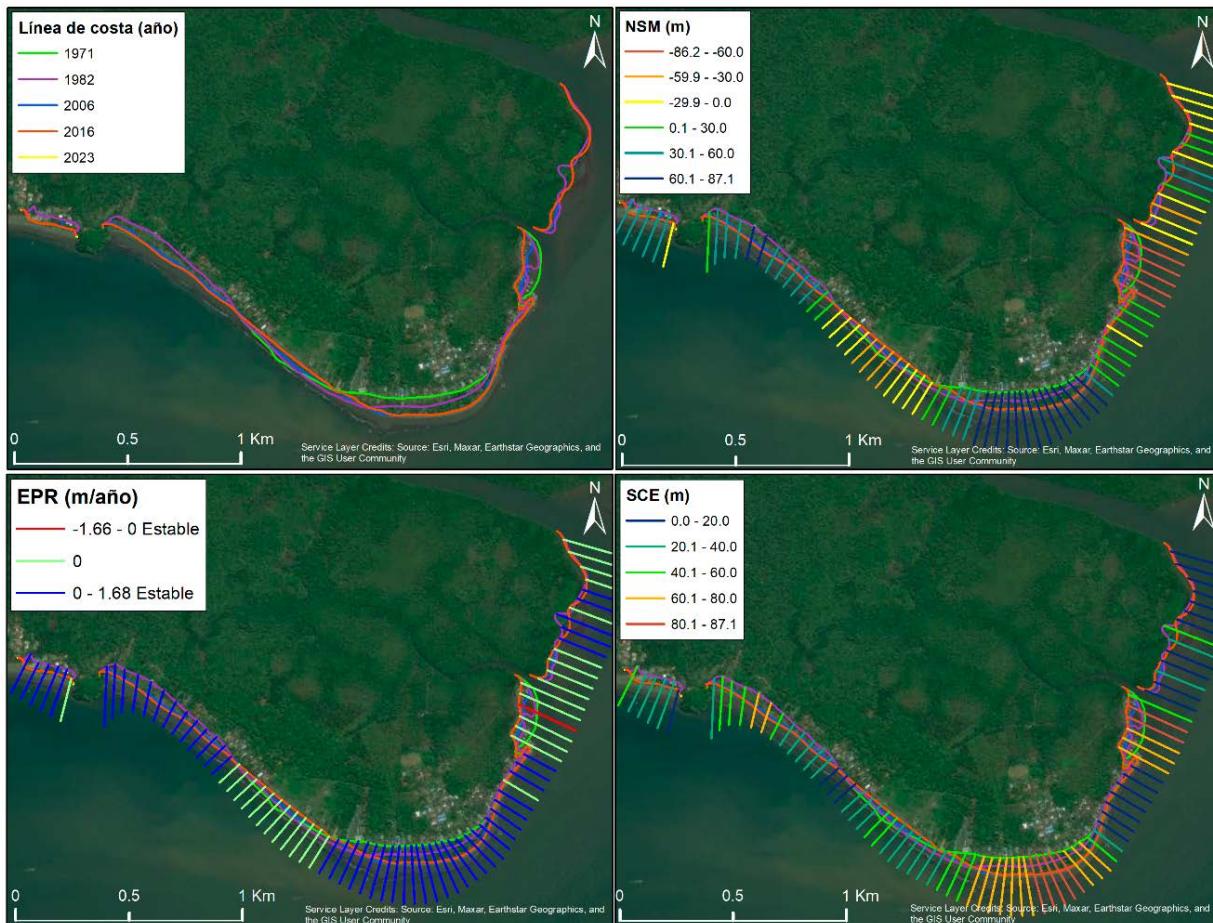


Figura 3. Evolución de la línea de costa sector Bazán Bocana y Piangüita.
Resultados de los estadísticos NSM, EPR y SCE.

Isla Soldado

Los resultados obtenidos para isla Soldado evidencian que la línea de costa ha presentado erosión alta, con valores del estadístico EPR que alcanzan los -10.7 m/año, y acreción alta, con valores que alcanzan los 10.7 m/año. El estadístico NSM evidencia que la línea de costa ha tenido movimientos netos negativos (erosión)

que llegan a los -558.5 m y movimientos netos positivos (acrección) de 556.4 m. El estadístico SCE muestra que la mayor distancia recorrida de la línea de costa en ese sector fue de 620 m (Fig. 4). En general, de los 10.36 km analizados de línea de costa en ese sector, el 77.6 % se ha erosionado y el 22.4 % se ha acrecionado (Tabla 3).

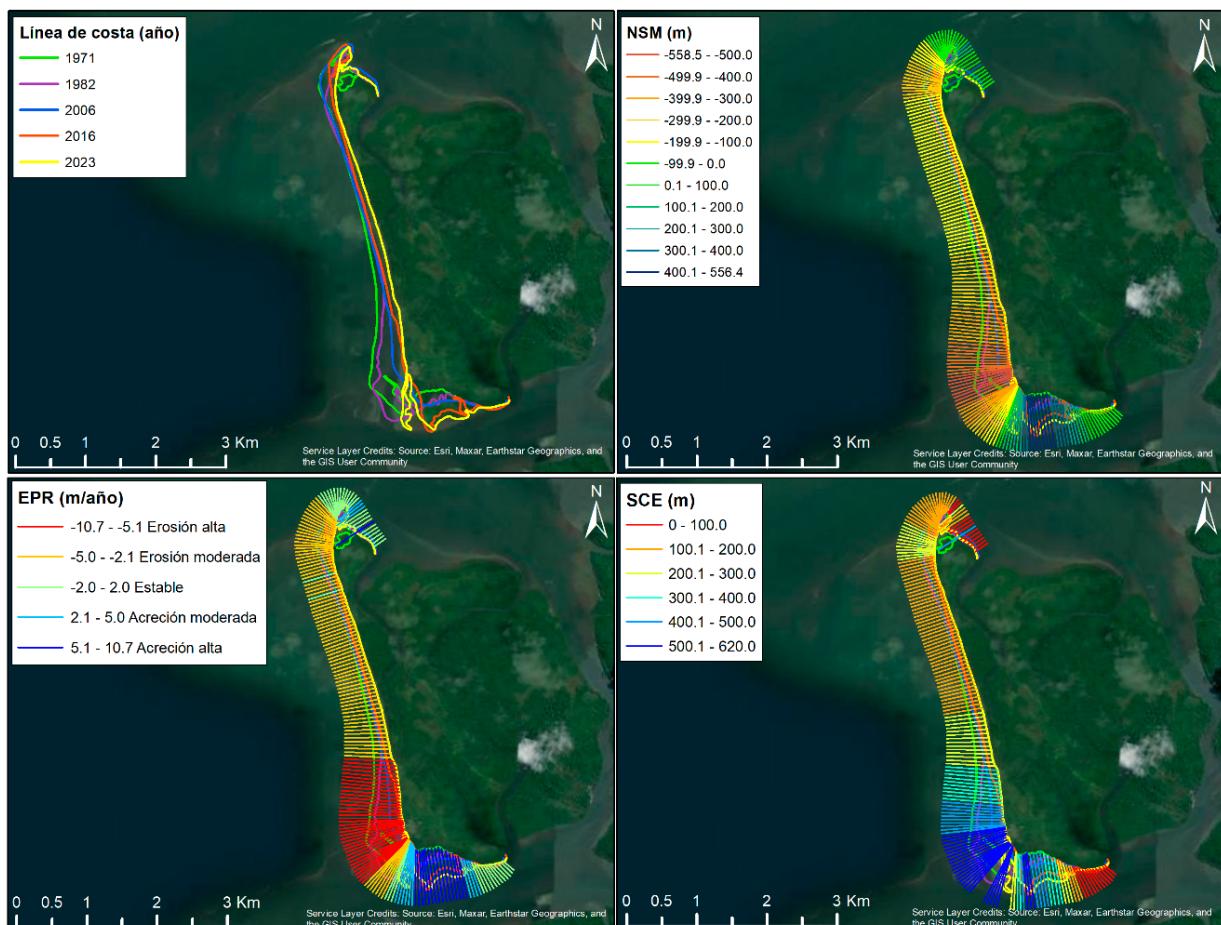


Figura 4. Evolución de la línea de costa sector isla Soldado. Resultados de los estadísticos NSM, EPR y SCE.

Isla Santa Bárbara

Los resultados obtenidos para isla Santa Bárbara evidencian que la línea de costa ha presentado erosión alta con valores del estadístico EPR que alcanzan los -8.9 m/año, y acreción alta, con valores que alcanzan igualmente los 5.9 m/año. El estadístico NSM evidencia que la línea de costa ha tenido movimientos netos negativos (erosión) que llegan a los -233.9 m y

movimientos netos positivos (acrección) de 306.8 m. El estadístico SCE muestra que la mayor distancia recorrida de la línea de costa en ese sector fue de 373.1 m (Fig. 5). En general, de los 12.6 km analizados de línea de costa en ese sector el 35.5 % se ha erosionado y el 64.5 % se ha acrecionado (Tabla 3).

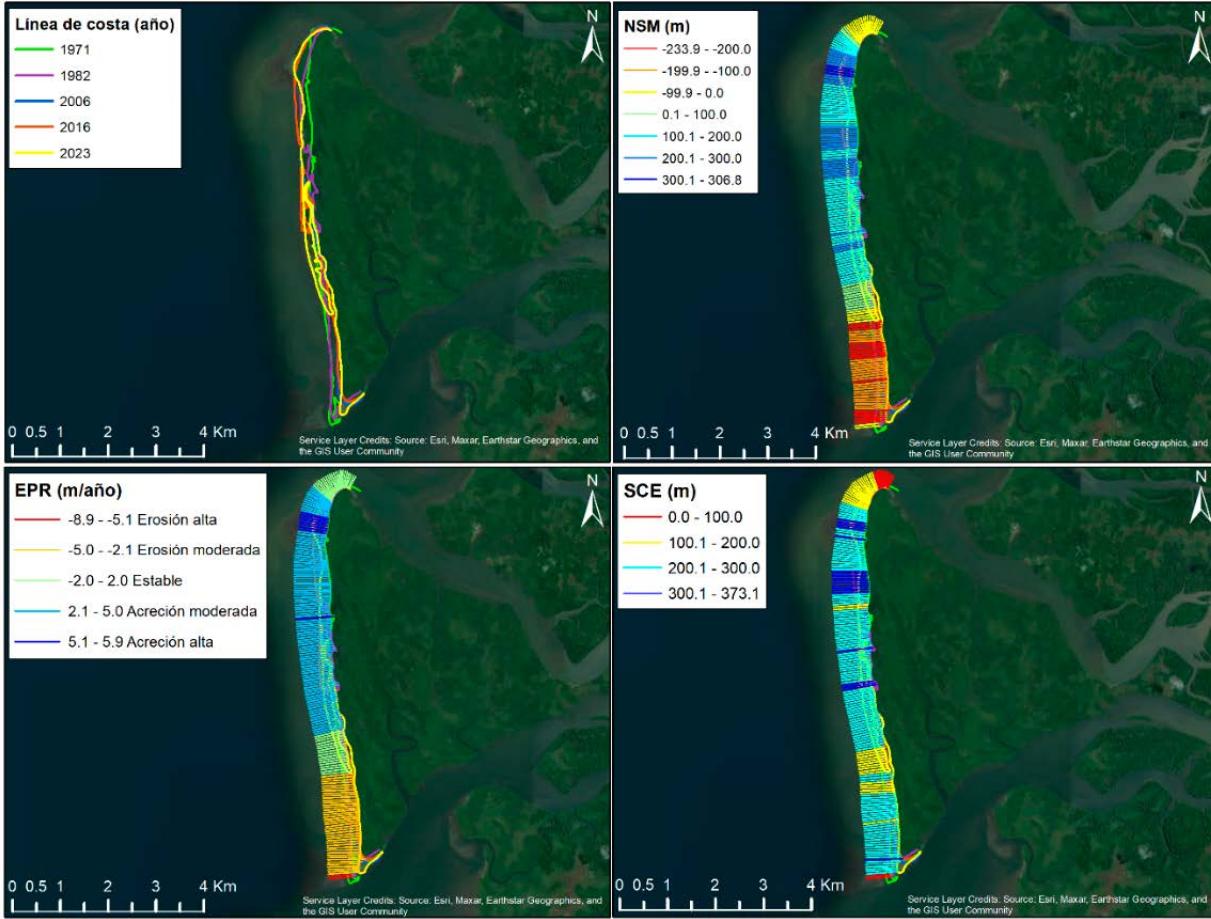


Figura 5. Evolución de la línea de costa sector isla Santa Bárbara. Resultados de los estadísticos NSM, EPR y SCE.

Tabla 3. Resultados de los estadísticos EPR, NSM y SCE para el área de estudio.

Estadístico	Bazán Bocana y Piangüita	Isla Soldado	Isla Santa Bárbara
% de línea de costa en erosión	35.44	77.6	35.45
% de línea de costa en acreción	64.56	22.4	64.55
NSM máximo (+) (m)	87.11	556.37	306.76
NSM promedio (+) (m)	43.67	216.4	168.08
NSM máximo (-) (m)	-86.18	-558.51	-233.93
NSM promedio (-) (m)	-30.45	-210.6	-138.06
EPR máximo (+) (m/año)	1.68	10.7	5.9
EPR promedio (+) (m/año)	0.84	4.16	3.23
EPR máximo (-) (m/año)	-1.66	-10.74	-8.92
EPR promedio (-) (m/año)	-0.59	-4.05	-2.83
SCE máxima (m)	87.11	620.47	373.14
SCE media (m)	41.21	263.22	226.96

DISCUSIÓN

La evolución de la línea de costa en la bahía de Buenaventura en los últimos años está condicionada por su geomorfología, la cual, a su vez, depende de las características litológicas de la zona y su interacción con procesos exógenos y endógenos que la modelan, por ejemplo, hidrometeorológicos y tectónicos. La geomorfología del norte externo de la bahía se caracteriza por lomas y colinas principalmente, con algunas playas en menor medida (Bazán Bocana y Piangüita). Las lomas y colinas formadas por una secuencia sedimentaria poco litificada de areniscas, conglomerados y lutitas de origen continental y marino (SGC y UNAL, 2015) rodean algunas playas del sector, proporcionándoles cierta protección de la hidrodinámica del sector, como se evidenció en las playas de Bazán Bocana y Piangüita, que han permanecido estables, pues las tasas de cambio en la línea de costa, ya sea por pérdida o ganancia del terreno, no han superado los ± 2 m.

Contrario a lo que ocurre allí, el sur de la bahía, las islas Soldado y Santa Bárbara están caracterizadas por ser una llanura baja expuesta directamente a la dinámica fluviomarina y a las actividades antrópicas. Estas características han hecho que sus cambios en la línea de costa sean más marcados que en otros sectores de la bahía.

En isla Soldado las tasas de erosión más altas (-10.74 m/año) se observan al sur, frente al caserío Soldado, y las tasas de acreción más altas (10.70 m/año) se evidenciaron en la punta sur de la isla, por lo que se infiere que el sedimento perdido en el sector donde más retrocedió la línea de costa se reacomodó en la punta más hacia el sur de la isla, posiblemente influenciado por la dinámica del oleaje. Hacia el centro norte y norte de la isla las tasas de erosión y acreción son moderadas (± 2 a 5 m/año); sin embargo, se observa el mismo patrón de reacomodación de los sedimentos: disminución del ancho de la isla barrera Soldado (por retroceso de la línea de costa) y aumento de su longitud por reacomodación de los sedimentos en las puntas norte y sur. Este estudio cuantificó los cambios de la línea de costa promediándolos en un periodo de 52 años; sin embargo, los resultados en el estudio de Invemar-GEO (2015) y Eisinguer (2023), muestran que entre el 2011 y el 2021 las tasas de erosión en

la isla han alcanzado entre -19.25 y -22.10 m/año. En la última década, entre 2014 y 2016, se evidenciaron los retrocesos más significativos de la línea de costa. Según la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), el evento El Niño en 2015-2016, catalogado como "muy fuerte", pudo estar asociado al retroceso de la línea de costa en esos años.

En la isla Santa Bárbara, hacia el sur, se ha presentado principalmente erosión moderada, con retrocesos de la línea de costa entre -2 y -5 m/año, y en menor medida erosión alta, con valores que alcanzan los -8.9 m/año. Hacia el centro y norte de la isla ha predominado la acreción moderada, con avances de la línea de costa entre 2 y 5 m/año, y en menor medida ha permanecido estable (± 2 m/año) y con acreción alta (entre 5 y 5.9 m/año). A diferencia de isla Soldado, esta isla presenta menos cambios en la línea de costa y su longitud ha permanecido relativamente estable.

CONCLUSIONES

En la zona externa de la bahía de Buenaventura, la zona norte, Bazán Bocana y Piangüita, son los sectores donde menos ha retrocedido o avanzado la línea de costa en los últimos 54 años, mientras que en isla Soldado estos cambios han sido muy significativos en cuanto a la pérdida y ganancia del terreno.

En Bazán Bocana y Piangüita, durante el periodo en estudio, el 35.44 % de la línea de costa retrocedió (erosión) y el 64.56 % avanzó (acrección). Sin embargo, de acuerdo con los resultados en cuanto a tasas de erosión y acreción se encuentran en un rango entre 1.68 a -1.66 m/año, por lo que la línea de costa en este sector se clasificó como estable. Al ser los valores de tasas de erosión/acrección máximos tan similares, al igual que su promedio (4.16 y -4.05 m/año), se puede concluir que a lo largo de la línea de costa el sedimento se ha estado reacomodando en ese sector.

En la isla Soldado el 77.6 % de la línea de costa retrocedió debido a procesos de erosión y el 22.4 % avanzó por procesos de acreción. Las tasas de erosión/acrección se encuentran en el rango 10.70 a -10.74 m/año, por lo cual la línea de costa se clasificó con erosión y acreción alta. De igual forma, sus tasas de erosión/acrección

máxima fueron muy similares al igual que los promedios (4.16 y -4.05 m/año), por lo que se puede inferir que el sedimento se reacomodó a lo largo de su línea de costa.

En la isla Santa Bárbara el 35.45 % de la línea de costa retrocedió y el 64.55 % avanzó. El rango de tasas de erosión/acreción fue de 5.9 a -8.92 m/año, por lo cual la línea de costa se clasificó con erosión y acreción altas. La tasa de erosión máxima es superior a la tasa de acreción máxima; sin embargo, los promedios de esas tasas fueron muy similares, 3.23 y -2.87 m/año, y el porcentaje de línea de costa que avanzó fue muy superior al que retrocedió, por lo que se puede concluir que hubo una leve ganancia en la acumulación de sedimentos en la playa de esta isla.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Resumen: K.A.E.V; Introducción: K.A.E.V; Área de estudio: K.A.E.V; Metodología: K.A.E.V - D.C.N.P; Resultados: D.C.N.P; Discusión: D.C.N.P.; Conclusiones: D.C.N.P.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cifuentes, M., Rosero, L. y Josephraj, J. (2017). Detección de cambios de la línea costera al norte del distrito de Buenaventura mediante el uso de sensores remotos. *Boletín Investigaciones Marino-Costeras*, 46(1), 137–152. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2017.46.1.719>
- Cardona, 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*. Universidad EAFIT.
- Castañeda, D. J. (2017). *Análisis de línea de costa en el municipio de Buenaventura (Valle del Cauca, Colombia)*. Universidad distrital Francisco José de Caldas.
- Coca, O. y Ricaurte, C. (2019). Análisis de la evolución litoral y respuesta de las comunidades afrodescendientes asentadas en la zona costera: caso de estudio La Barra, Buenaventura, Pacífico Colombiano. *Entorno Geográfico*, 17, 7–26. <https://doi.org/10.25100/eg.v0i17.7918>
- Coca, O. y Ricaurte-Villota, C. (2022). Regional Patterns of Coastal Erosion and Sedimentation Derived from Spatial Autocorrelation Analysis: Pacific and Colombian Caribbean. *Coasts*, 2, 125–151. <https://doi.org/10.3390/coasts2030008>
- Correa, I. y Vernet, G. (2004). Introducción al problema de la erosión litoral en Urabá (sector Arboletes-Turbo) costa Caribe colombiana. *Boletín Investigaciones Marino-Costeras*, 33, 7–28. <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2004.33.0.245>
- Correa, I., Ríos, A., González, D., Toro, M., Ojeda, G. y Restrepo, I. (2007). Erosión litoral entre Arboletes y Punta San Bernardo, costa Caribe colombiana. *Boletín de Geología*, 29, 115–129.
- Del Río, L., García, J. y Benavente, J. (2013). Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain. *Geomorphology*, 196, 252–266. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.07.027>
- Dirección General Marítima-Centro de Investigaciones Oceanográficas de Hidrográficas del Pacífico. (2013). *Zonificación Fisiográfica del Litoral Pacífico Colombiano. Fase I*. Dimar-CCCP.
- Duncan, F., Michael, F., Birtt, A. y Ilya, B. (2008). Coastal Impacts Due to Sea-Level Rise. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 601–647. <https://doi.org/10.1146/annurev.earth.35.031306.140139>
- Eisinguer, K. (2023). Análisis del cambio morfológico en la línea de costa de la bahía de Buenaventura (Pacífico colombiano) a través de sensores remotos de 2016 a 2021.
- Fernández de la Torre, J. (s.f.). Análisis y propuesta metodológica para el cálculo de tasas de erosión y otros indicadores costeros en un sector de la costa andaluza.
- Ferrucho-Maloof, I. E., Otero-Díaz, L. J. y Cueto-Fonseca, J. E. (2022). Cambios recientes de la línea de costa entre Bocas de Ceniza y Puerto Velero (Atlántico, Colombia). *Boletín de Geología*, 44(3), 159–178. <https://doi.org/10.18273/revbol.v44n3-2022007>

- González, J. L. y Correa, I. D. (2001). Late Holocene Evidence of Coseismic Subsidence on the San Juan Delta, Pacific Coast of Colombia. *Journal of Coastal Research*, 17, 459–467.
- Himmelstoss, E. A., Henderson, R. E., Kratzmann, M. G., y Farris, A. S. (2021). Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.1 User Guide: U.S. Geological Survey Open-File Report 2021-1091. In *U.S. Geological Survey*. <https://doi.org/10.3133/ofr20211091>
- Invemar-GEO. (2015). *Evolución reciente de la zona costera del departamento del Valle del Cauca*. Programa Geociencias Marinas y Costeras. Santa Marta.
- MinAmbiente. (2017). *Guía Técnica sobre Ordenación y Manejo Integrado de la Zona Costera*.
- Ojeda Zújar, J., Díaz Cuevas, M. del P., Prieto Campos, A. y Álvarez Francoso, J. I. (2013). Línea de Costa y Sistemas de Información Geográfica: Modelo de Datos Para la Caracterización y Cálculo de Indicadores en la Costa Andaluza. *Investigaciones Geográficas*, 60, 37–52. <https://doi.org/10.14198/INGEO2013.60.02>
- Paniagua, J. (2013). *Migración histórica actualizada y predicción de la posición de la línea de costa en sectores acantilados críticos del litoral antioqueño considerando escenarios de ascenso del nivel del mar*. Universidad Eafit.
- Posada, B. O., Henao, W. y Guzmán, G. (2009). *Diagnóstico de la erosión y sedimentación en la zona costera del Pacífico colombiano*. (Invemar, S, Vol. 1999, Issue December).
- Servicio Geológico Colombiano y Universidad Nacional. (2015). Memoria explicativa. Mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa ESC 1:100.000. Plancha 278 - Bahía de Buenaventura. En: *Convenio especial de cooperación N°. 028 de 2013*. SGC y UNAL. <https://doi.org/10.32685/4.7.2015.348>
- Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de Desastres. (2017). *Erosión costera en Colombia*. UNGRD.
- Vernette, G., Correa, I. y Bernal, G. (2012). *Introducción a los cambios del nivel de mar y sus consecuencias sobre la zona costera* (Vol. 1). (Centro editorial de la Facultad de Minas. (ed.)).
- Zambrano, J. A. y Andrade, C. A. (2011). Cambios en la línea de costa del Cayo Serranilla entre 1944 y 2009, Archipiélago de San Andrés, Colombia. *Boletín Científico CIOH*, 29, 87–103. <https://doi.org/10.26640/22159045.231>