

Geomorphological factors and processes controlling the coastal cliff retreat in clastic sedimentary rocks of the Ecuador central coast

Factores y procesos geomorfológicos que controlan el retroceso de acantilados litorales en rocas sedimentarias clásticas de la costa central de Ecuador

Autores:

Briones-Dávila, Josué Gabriel
Universidad Técnica de Manabí
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas
Portoviejo – Ecuador



jbriones6903@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0001-8288-4254>

Hernández-Menéndez, Axel Jhostin
Universidad Técnica de Manabí
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas
Portoviejo – Ecuador



aherandez6292@utm.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0002-0261-4797>

Méndez-Mata, Williams José
Universidad Técnica de Manabí
Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas
Departamento de Construcciones Civiles y Arquitectura
Portoviejo – Ecuador



williams.mendez@ute.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-7345-2281>

Fechas de recepción: 15-OCT-2023 aceptación: 13-DIC-2023 publicación: 15-DIC-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

El retroceso de los acantilados y la erosión de la franja litoral son los principales factores que vulneran la seguridad de las poblaciones asentadas en el margen de la costa central del Ecuador. Mediante distintos criterios de geomorfológicos y de intervención antrópica utilizados como marcadores geológicos de erosión y retroceso litoral. Se llevó a cabo la caracterización de varios acantilados dentro de algunos sectores costeros de la provincia de Manabí. Se realizó una selección de los acantilados; recopilación de material cartográfico; análisis de oleaje y marea; estudios en campo de parámetros geomorfológicos, hidrodinámicos y antropogénicos; además del análisis de retroceso de acantilados ante la erosión hidrodinámica. El retroceso de los acantilados litorales en cada una de las zonas estudiadas es el resultado de factores tanto geológicos (litología, pendiente de los escarpes, pendiente de playa, presencia de plataformas de abrasión) y de incidencia antrópica (estabilidad de taludes e inadecuada incidencia ingenieril). Cada uno de los escarpes situados en las zonas de estudio evidencia erosión al pie del talud, producto de los procesos erosivos del mar. Los sectores donde resalta la incidencia de factores que vulneran la estructura geomorfológica de los acantilados litorales son más propensos a sufrir daños en construcciones tanto de vías como de complejos residenciales que llevan al abandono de las mismas como ya es evidente en algunos casos.

Palabras clave: Abrasión; Acantilado; Erosión; Geomorfología, Sedimentaria

Abstract

The retreat of the cliffs and the erosion of the coastal strip are the main factors that threaten the safety of the populations settled on the margin of the central coast of Ecuador. By means of different geomorphological and anthropic intervention criteria used as geological markers of erosion and coastal retreat. The characterization of several cliffs within some coastal sectors of the province of Manabí was carried out. A selection of cliffs was made; cartographic material was collected; wave and tidal analysis; field studies of geomorphological, hydrodynamic and anthropogenic parameters; in addition to the analysis of cliff retreat under hydrodynamic erosion. The retreat of the coastal cliffs in each of the areas studied is the result of both geological factors (lithology, slope of the escarpments, beach slope, presence of abrasion platforms) and anthropogenic factors (slope stability and inadequate engineering impact). Each of the escarpments located in the study areas shows erosion at the foot of the slope, as a result of the erosive processes of the sea. The sectors where the incidence of factors that damage the geomorphological structure of the coastal cliffs stand out are more prone to suffer damages in the construction of roads and residential complexes that lead to their abandonment, as is already evident in some cases.

Keywords: Abrasion; Cliff; Erosion; Geomorphology; Sedimentary

Introducción

Las zonas costeras son consideradas como un ecosistema activo en cuantos a cambios geomorfológicos se refiere, los cuales pueden reflejarse de manera temporal y espacial, dependientes a diferentes factores tales como el oleaje, nivel del mar, corrientes marinas etc. Los cuales generan tanto erosión como acreción en zonas específicas (Ibarra y Belmonte, 2017).

Según (Cedeño y Méndez, 2022) este continuo proceso de erosión presenta una grave amenaza para el asentamiento poblacional presente y futuro en el margen litoral del Ecuador. El alto nivel migratorio de las poblaciones hacia las zonas costeras se debe a diversas características tanto geográficas, culturales y biológicas (Santos et al., 2007), lo que convierten estos sectores en atractivos para realizar diferentes actividades a nivel turístico y económico (Romero, 2017), dejando de lado la obiedad de los riesgos que se originan por fenómenos propios a la actividad tectónica, oceanográfica y atmosférica de estos sectores (Brett, 2019).

Debido al incremento demográfico durante el siglo XX se ha generado un alto nivel de explotación de recursos costeros (Alcañiz, 2008), lo que ha llevado a estas zonas a sufrir diversos desordenes geomorfológicos, siendo este el resultado de un enorme grado de antropización que se evidencia en los cambios de sus ecosistemas naturales, siendo visible una continua construcción de edificaciones, calles y otro tipo de infraestructuras las cuales se ven amenazadas producto de los factores erosivos que sufre la línea costera (Fucks et al., 2015).

El situarse en terrenos inseguros refiriéndonos específicamente a acantilados con litología clástica de alta plasticidad, la probabilidad de una catástrofe es mucho más alta (García, 2018). Lo que podría llevar a pérdidas importantes tanto mortales como económicas al experimentar fenómenos naturales que vulneren la resistencia de la estructura geológica de estos acantilados (Rodríguez et al., 2020).

En cuanto a vulnerabilidad concierne (Ruiz, 2012) define este término como “la incapacidad de las zonas costeras para afrontar la variabilidad climática y eventos extremos”, concepto el cual hace hincapié en enfrentar posibles eventos que desfavorezcan las fortalezas e incrementen las debilidades relacionadas al perfil geológico del área litoral costera.

Entre los diversos factores que pueden vulnerar la estabilidad de los acantilados se destaca el cambio climático, el cual influye en la subida de los niveles del mar lo que origina un continuo proceso de erosión en la línea costera ligado a procesos geodinámicas del área en cuestión (Varela y Ron, 2020).

En relación a la litología del Ecuador, el país cuenta con una amplia variedad y riqueza geológica en su zona costa central en la que predominan los materiales o rocas sedimentarias clásticas. De las cuales podemos destacar lutitas, areniscas y arcillas poco consolidadas que

forman parte de la extensión que recorre diferentes formaciones geológicas (Caizapanta, 2022).

Como consecuencia del desconocimiento del afloramiento de materiales sedimentarios encontrados en la franja litoral de la costa central, se ha generado varios asentamientos en diferentes infraestructuras construidas sobre estos escarpes (Lindao y Polonio, 2014), lo que tiene como consecuencia el abandono de terrenos con o sin construcciones realizadas en ellos.

Debido a este problema se ha llevado a cabo esta investigación con la finalidad de analizar qué procesos inciden en el retroceso de los acantilados ubicados en la zona costa central del Ecuador, considerando la predominancia de afloramiento de rocas sedimentarias clásticas junto a diferentes factores tanto geológicos, hidrodinámicos marítimos y antropomórficos. Este trabajo proporciona resultados que ayudaran a las planificaciones demográficas y constructivas en el área litoral central del Ecuador, así mismo otorgar medidas de precaución y amortiguación en la incidencia de procesos erosivos que afectan la morfología dinámica costera para que esta sea tomada como una consecuencia importante y crucial.

Material y métodos

Área de Estudio.

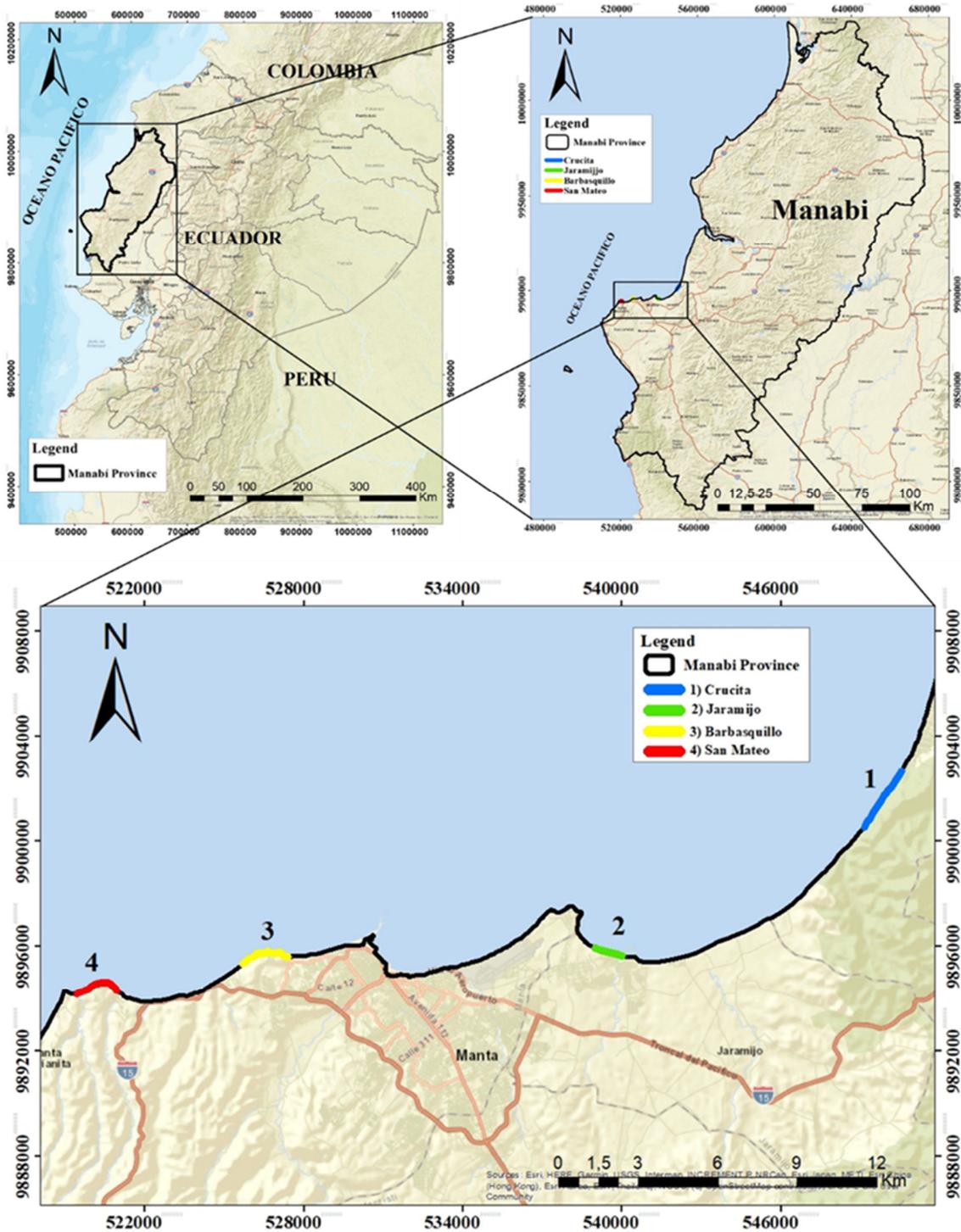
La costa ecuatoriana central se encuentra ubicada al oeste de la cordillera de los Andes, limitado con el océano pacífico, la cual engloba una longitud de 62km de territorio pertenecientes a nuestra área de estudio que se extienden desde Crucita hasta San Mateo, pasando por Jaramijo y Barbasquillo de la Provincia de Manabí $080^{\circ}25'25.21''$, $S0^{\circ}35'52.51''$ (GPM, 2014) (**Figura 1**).

Estos sectores son distinguidos por tener una franja litoral con una alta presencia de playas, desembocaduras de ríos, manglares e incluso acantilados, los cuales sobrepasan los diez metros de altura (Andrade et al., 20143). (Vera et al., 2021) Señalan que las elevaciones en los terrenos que encontramos en la cordillera costera Ecuatoriana oscilan entre los 200 a 600 metros de altura, fracción que está constituida con un 80 a 85% de estratos sedimentarios de alta plasticidad que forman parte de distinta unidades litológicas tales como Onzole (M_{Oz}), Villingota (M_{Vg}), San Mateo (E_{Sm}), Tablazo (PL_T) pertenecientes a la época cenozoica, en las que generalmente encontramos rocas como lutitas, arcillolitas, limolitas, areniscas tobáceas y terrazas marinas (**Figura 2**), en toda la extensión de la zona de estudio.

De acuerdo con (Climate-Data, 2023) Los tipos de climas predominantes en el área de estudio son Aw (clima de sabana tropical), Am (clima trópico monzón) y BSh (clima semiárido caliente) donde su temperatura oscila entre los $23^{\circ}C$ y $24^{\circ}C$ con una amplitud térmica que fluctúa anualmente entre $3,5^{\circ}C$ y $4,2^{\circ}C$. Otros datos importantes que resaltan en estos climas es una mayor actividad de lluvia en verano que en invierno, aunque en general no suele llover mucho.

Figura 1

Localización del tramo litoral Crucita – San Mateo y sectores de acantilados considerados en el estudio, provincia Manabí, Ecuador

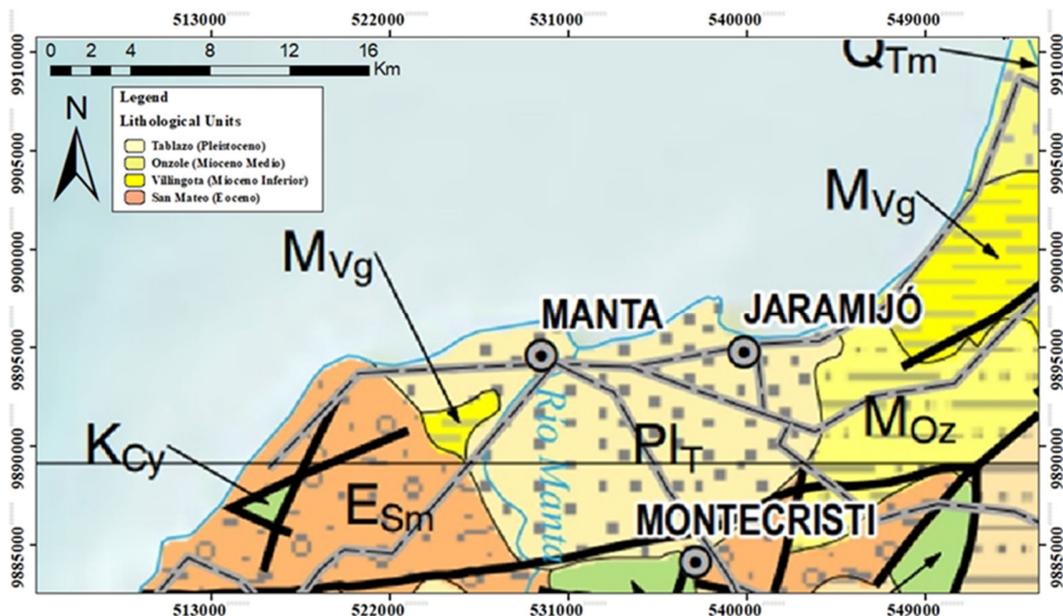


Fuente: Autores.

La existencia del cruce de la cordillera de Chongón-Colonche y la Cordillera de Balzar interpone la fluencia de ríos de caudal que desembocuen directamente al Océano Pacífico (EcuRed, 2023) gran parte de sistema hidrográfico de Manabí presenta abundantes alturas que oscilan entre 0 y 640 msnm, donde existen variaciones edáficas que influyen de manera directa al nivel de humedad del sector y la fertilidad del suelo (Cantos et al., 2017), lo que permite el crecimiento de abundante vegetación y flora tanto para producción alimenticia como ornamental.

Figura 2

Geología de superficie (unidades litológicas) del tramo litoral Crucita – San Mateo, provincia Manabí, Ecuador.



Fuente: (Euguez et al., 2017).

En la extensión de la franja costera, entre los sectores Crucita y San Mateo se registra un oleaje de naturaleza pleamar con alturas medias considerables que oscilan entre 0,6 m y 1.4 m, junto a corrientes marítimas que fluctúan entre los 0,10 m/s y 0,43 m/s con dirección al noroeste (Vera y Mindiola, 2009). Las mareas de estos sectores se identifican por ser semidiurnas con rangos cuasi-macromareales lo que permite la incidencia del mar en los pies de los acantilados durante los periodos pleamares.

Estos procesos no ocurren en baja mar lo que deja en descubierto extensas zonas de playa arenosa y en otros casos plataformas de abrasión donde se visualizan en general residuos de

materiales rocosos como gravas y gravillas. La representación de estos factores hidrodinámicos, detallan factores que colaboran a la erosión litoral en toda la extensión costera de la zona de estudio (INOCAR, 2023).

En su gran mayoría el sector costero central del Ecuador se dedica al uso antrópico, distinguido por una evidente actividad recreacional, pesquera, turística y residencial a lo largo de toda su franja litoral que constituyen un soportes básicos y fundamentales en el desarrollo económico de las comunidades situadas en estos sectores.

Metodología

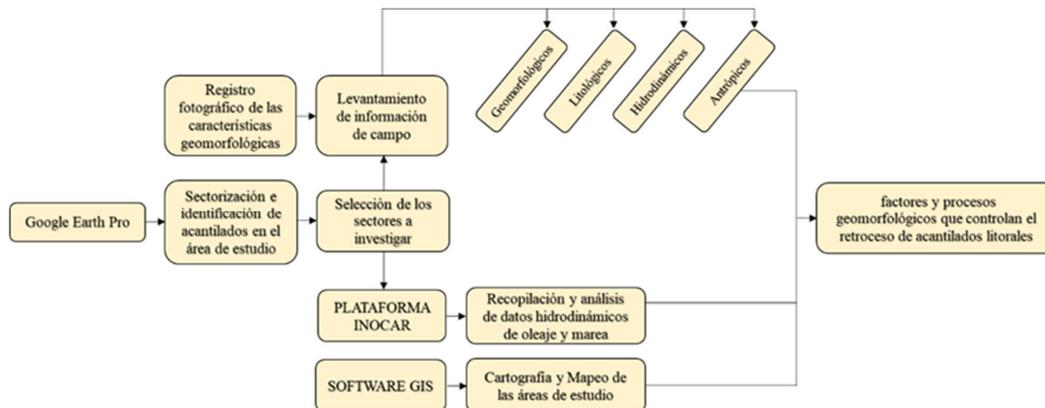
Para este estudio implementamos una metodología que justifica el análisis de diferentes variables e indicadores que se adaptan a cualquier entorno costero (Pendleton et al., 2010), esto nos permitió desarrollar un sistema que evalúa los factores que producen retrocesos litorales en los acantilados con su respectivo nivel de incidencia según los valores obtenidos.

1. Selección de secciones tipos de acantilados.

Con la ayuda de herramientas como Google Earth Pro versión 7.3.2 y Google Maps se evaluó diferentes imágenes satelitales, mediante las cuales se identificó la presencia de acantilados del área sujeta a estudio. La sectorización de acantilados nos llevó a destacar 4 zonas las cuales se exponen en la **Figura 1**. Los sitios seleccionados como convenientes para su estudio se identificaron mediante un croquis metodológico (**Figura 3**), en el que se integró una sucesión de diferentes parámetros a valorar, siendo estos de índole físico-natural y antropogénicos, los cuales permitieron analizar la incidencia de la evolución geomorfológica en las diversas características de los acantilados, para posteriormente asentar de manera cuantitativa el nivel de vulnerabilidad al que se encuentran expuestos.

Figura 3

Flujograma de la secuencia metodológica utilizada para la estimación de la susceptibilidad de los acantilados a la erosión litoral y el retroceso costero.



Fuente: Autores.

2. Información cartográfica

A través de la plataforma (INEC Open Data, 2023) se logró la obtención de varios documentos cartográficos en escala 1:50.0000 y a través del portal web (Geoportal IGM, 2013) se extrajo varios archivos en formato Shapefile para la elaboración de mapas dentro del software GIS, con sus respectivas delimitaciones de las zonas ya identificadas.

3. Información de parámetros hidrodinámicos litorales

Mediante el uso de la plataforma web (INOCAR, 2023), se realizó en análisis de los factores hidrodinámicos, los cuales se obtuvieron mediante la recopilación de datos de oleaje y mareas.

Para la obtención de los valores de oleaje se ejecutó una valoración de promedios anuales iniciando desde las alturas máximas mensuales pertenecientes a las áreas de estudio. En cuanto al parámetro del rango de marea se tomaron datos promediados de manera mensual en el periodo 2023 correspondientes a la estación oceanográfica de Manta.

4. Información de Campo

La extracción de los datos correspondientes a este apartado se obtuvo mediante visitas realizadas en las áreas de estudios, lo que permitió la evaluación de los factores geomorfológicos y litológicos, contemplando diferentes criterios para cada una de las variables ya mencionadas, también se hizo uso de plataformas digitales con las que se obtuvieron valores de otros parámetros.

En cuanto a la morfología se llevó a cabo la medición de las pendientes de los acantilados, así mismo se tomó registro de movimientos en masa y deslizamientos además de otros daños en la franja litoral por efecto de los procesos erosivos del oleaje.

5. Niveles de intervención antrópica

A través de investigaciones dentro de los portales web pertenecientes a los municipios correspondientes a los sectores y junto a entrevistas realizadas a los moradores y trabajadores del sector, se recopiló información del nivel antrópico existente en el sector tanto de las presentes construcciones existentes como en edificaciones demolidas o anteriormente realizadas.

6. Índice de retroceso de acantilados

La erosión litoral es un proceso complejo del cual se estudian diferentes líneas temporales de un sitio y la incidencia de varios factores de índole natural y antropogénicos (Correa y Vernet, 2004). Tomando referencias de las variables encontradas en el estudio CVI (Gornitz et al., 1904), el análisis de valores en acantilados de (Cedeño y Méndez, 2022), creamos una tabla para medir cada una de las variables que componen este análisis se clasifican de manera individual en casillas enumerados que van del 1 considerado como bajo hasta el 3 que establece un alto nivel de susceptibilidad.

Para esto dividiremos las diferentes variables que a consideración en cuatro criterios: geomorfológicos, litológicas, hidrodinámicas e intervención antrópica las cuales en conjunto nos darán resultados para cada sector de los que se extraigan los datos necesarios (**Tabla 1**).

Tabla 1

Clasificación, rangos y enumeración de los factores considerados en el análisis de susceptibilidad en los acantilados seleccionados.

CRITERIOS/FACTORES		RANGO	ENUMERACION	NIVEL DE SUCEPTIBILIDAD
GEOMORFOLOGICOS	Altura del alcantarillado (m)	>25	1	Baja
		15 - 25	2	Moderada
		<15	3	Alta
	Pendiente del acantilado (*)	20 - 43	1	Baja
		43 - 66	2	Moderada
		66 - 90	3	Alta



	Pendiente de la playa (*)	7,5 - 5	1	Baja
		5 - 2,5	2	Moderada
		2,5 - 0	3	Alta
	Movimiento en masa	Desprendimiento de roca	1	Baja
		Deslizamiento	2	Alta
LITOLÓGICOS	Pie de acantilado	Coquinas	1	Baja
		Areniscas	2	Moderado
		Lutitas	3	Alta
	Cabeza de acantilado	Coquinas	1	Baja
		Areniscas	2	Moderado
		Lutitas	3	Alta
HIDRODINÁMICOS	Altura de la marea(m)	1,24 - 1,35	1	Baja
		1,35 - 1,48	2	Moderado
		1,48 - 1,6	3	Alta
	Altura media de Ola(m)	1,5 - 2,9	1	Baja
		3 - 5,9	2	Moderado
		6 - 7,5	3	Alta
INTERVENCIÓN ANTROPICA	Inexistente	1	Baja	
	Chozas, Casas	2	Moderado	
	Carreteras, Edificaciones	3	Alta	

Fuente: Autores.

Esta clasificación por muy sencilla que parezca nos permite elaborar la siguiente ecuación que nos da como resultado un índice de retroceso de acantilados.

$$\text{Índice de Retroceso de Acantilados} = a + b + c + d + e + f + g + h + i$$

Donde, a = altura del acantilado, b = pendiente del acantilado, c = pendiente de la playa, d = movimientos en masa, e = litología del pie del acantilado, f = litología de la cabeza del acantilado, g = altura de la marea, h = altura media de ola, i = intervención antrópica. Todas las variables antes mencionadas se centran en analizar los cambios geomorfológicos que sufren las zonas específicas en las que realizamos el estudio.

La aplicación de este modelo de investigación se centró en la cuantificación estadística de toda la información obtenida mediante visitas de campo y con ayuda de plataformas de recopilación de datos.

Resultados

El estudio de los procesos morfológicos y su incidencia en cada uno de los sectores, permitieron caracterizar de manera analítica cada uno de los criterios considerados en esta investigación, para posteriormente clasificar de manera cualitativa según la intensidad con la que controlan el retroceso de los acantilados (**Tabla 2**).

Tabla 2

Descripción de la información obtenida en campo de cada parámetro y sector en el área de estudio

CRITERIOS Y FACTORES		SECTORES DE ACANTILADOS			
		CRUCITA	JARAMIJO	BARBASQUILLO	SAN MATEO
GEOMORFOLOGICOS	Altura del acantilado (m)	15 – 25	15 – 25	15 – 25	15 – 25
	Pendiente del acantilado	66 – 90	20 – 43	66 – 90	66 – 90
	Pendiente de la playa (°)	2,6 – 0	5 – 2,5	2,6 – 0	5 – 2,5
	Movimiento en masa	Deslizamiento	Desprendimiento de roca	Desprendimiento de roca	Desprendimiento de roca
LITOLOGICOS	Pie de acantilado	Lutitas	Coquinas	Areniscas	Areniscas
	Cabeza de acantilado	Lutitas	Arenisca	Lutitas	Areniscas
HIDRODINAMICOS	Altura de la marea (m)	1,35 – 1,48	1,35 – 1,48	1,35 – 1,48	1,35 – 1,48
	Altura de ola media (m)	1,5 – 2,9	1,5 – 2,9	1,5 – 2,9	1,5 – 2,9
NIVEL DE INTERVENCION ANTROPICA		Carreteras, Edificaciones	Chozas, Casas	Carreteras, Edificaciones	Inexistentes

Fuente: Autores.



Sector Crucita

Se presentan acantilados bajos que apenas superan los 12 m de altura (**Figura 4A**), en los cuales se observan escarpes muy pronunciados llegando a tener ángulos de 70 a 90 grados. Se distingue una extensión de playa medianamente considerable junto a pequeños bloques de plataformas de abrasión lavadas por la acción del oleaje. Se observa un alto nivel de antropización que cuenta con diferentes infraestructuras residenciales y en su zona más alta una carretera sin asfaltar, así mismo se presenta intervención ingenieril en los taludes debajo de las construcciones con el fin de otorgar una mayor estabilidad y resistencia a estos escarpes ante los factores erosivos del mar.

En general contamos con una litología que expone diferentes capas de ceniza volcánica, arcillas y lutitas muy meteorizadas (**Figura 5A**), propias de formación Villingota que se extiende en todo el sector, este factor influye presencia a diferentes tipos de desplazamiento de masa en general por acción de volcamiento en las paredes de los escarpes. La incidencia hidrodinámica en el sector es completamente visible con el retroceso de los escarpes, donde se presenta una elevación de playa ya erosionada con una diferencia de altura de 75cm en consideración a la planicie arenosa que tiene contacto directo con el mar.

Sector Jaramijo

Este sector exhibe acantilados despejados, en su mayoría de altura media baja, los cuales no superan los 20 m de altura (**Figura 4B**), con pendientes medianamente pronunciadas con inclinaciones que oscilan entre 30 a 40 grados. Cuenta con una zona de playa reducida con pendientes regulares en toda su extensión litoral. La litología de estos acantilados está compuesta por una estratigrafía expuesta de capas que intercalan areniscas, rocas de playa y coquinas (**Figura 5B**). En la estructura del macizo rocoso se evidencia un material sedimentario completamente meteorizado y débil que da lugar a desprendimientos de masa por factores eólicos y telúricos.

El lugar presenta una leve intervención ingenieril en la estabilización de taludes donde se sitúan algunos complejos residenciales, junto a la construcción de un muelle reforzado con piedra escollera. La presencia de los factores hidrodinámicos se observa en el lavado del material que se desprenden los acantilados.

Sector Barbasquillo

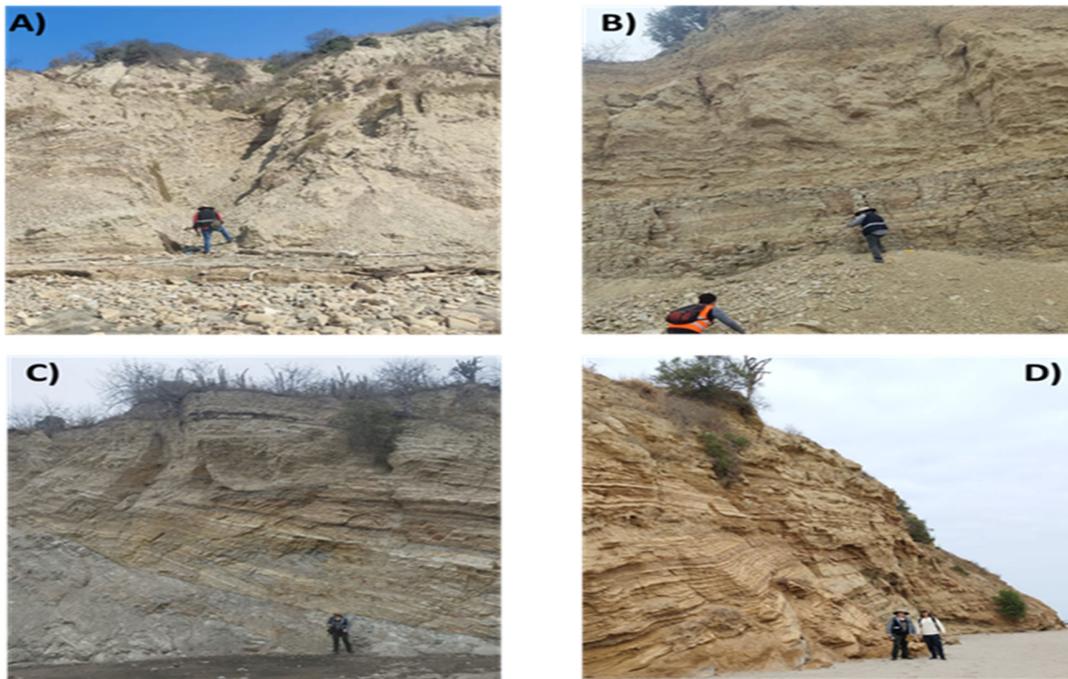
Se distinguen acantilados de altura media, siendo los más altos de 25 m (**Figura 4C**), con pendientes muy pronunciadas e irregulares las cuales superan los 80 grados de inclinación. Se observa una planicie de playa pedregosa de régimen no permanente la cual es antecedida por una extensión de plataformas de abrasión irregulares siendo estas la continuidad del afloramiento litológico del sector, el cual presenta familias de diaclasas ortogonales que buzcan hacia el norte. El nivel de incidencia antrópica es altamente visible, presentando diferentes estructuras de uso residencial a la orilla de los barrancos y escalinatas con

dirección a la zona de playa. También se pueden apreciar áreas con negligente intervención ingenieril en la estabilización de taludes.

La litología del sector manifiesta una estratigrafía conformada en general por lutitas y areniscas que presentan un alto nivel de meteorización (**Figura 5C**), donde se evidencia remoción de masa en los escarpes del sector. Los factores hidrodinámicos presentan una visible erosión en las plataformas de abrasión debido al vaivén de la marea que cuenta con un oleaje medianamente agresivo que pretender ser controlado con un muro de piedra escollera y restos de construcciones abandonadas.

Figura 4

Vista general de rasgos geológicos (litología, estructuras y contactos) y geomorfológicos (altura y pendientes de los escarpes, formas erosivas y de acumulación) de los acantilados tipos en los sectores de estudio: (A) Crucita, (B) Jaramijó, (C) Barbasquillo y (D) San Mateo.



Fuente: Autores.

Sector San Mateo

Los acantilados de este sector cuentan con alturas no mayores a los 20 m (**Figura 4D**), con caídas persistentes que presentan pendientes pronunciadas que fluctúan entre los 60 y 70 grados de inclinación. Cuenta con una amplia extensión de playa arenosa temporal la cual exhibe dunas al pie de los acantilados y plataformas de abrasión sumamente irregulares. Se observan familias de diaclasas y brechas ceñidas las cuales son visibles desde las escarpas hasta el área de plataformas de abrasión.

La litología del sector se evidencia escarpes conformados por materiales sedimentarios medianamente consolidados como lo es la arcilla y arenisca además de pequeñas intervenciones de yacimientos de yeso (**Figura 5D**). El sector no evidencia ningún tipo de intervención antropogenicos en la cima o al pie del acantilado así mismo no se visualizan trabajos ingenieriles de estabilidades en los taludes de la zona litoral. La base de los acantilados denota una visible tasa de erosión producto de la pleamar, la cual incluso llega a ocupar alrededor de 15cm desde el pie de los acantilados hacia arriba.

Figura 5

Tipologías de meteorización físico-mecánica (intensidad y densidad del fracturamiento) en afloramientos litológicos de los acantilados en los sectores de estudio: (A) Crucita (Formación Villingota), (B) Jaramijó (Formación Onzole), (C) Barbasquillo (Formación Tablazo) y (D) San Mateo (Formación San Mateo).



Fuente: Autores.

Discusión

Mediante la aplicación del índice de retroceso de acantilados en los distintos sectores del área de estudio (**Tabla 3**), se obtuvieron los resultados estadísticos que nos permiten analizar los rangos de susceptibilidad existentes en cada uno de los sectores estudiados (**Tabla 4 y Figura 6**).

Tabla 3



Resultados y Ponderaciones de los factores que producen retroceso de acantilados en los sectores del área de estudio

CRITERIOS Y FACTORES		SECTORES DE ACANTILADOS			
		CRUCITA	JARAMIJO	BARBASQUILLO	SAN MATEO
GEOMORFOLÓGICOS	Altura del acantilado (m)	2	2	2	2
	Pendiente del acantilado	3	1	3	3
	Pendiente de la playa (°)	3	2	3	2
	Movimiento en masa	2	1	1	1
LITOLÓGICOS	Pie de acantilado	3	1	3	3
	Cabeza de acantilado	3	2	2	2
HIDROLÓGICOS	Altura de la marea (m)	2	2	2	2
	Altura de ola media (m)	1	1	1	1
Nivel de intervención antrópica		3	2	3	1
Índice de Retroceso de Acantilados		22	14	20	17

Fuente: Autores.

Tabla 4

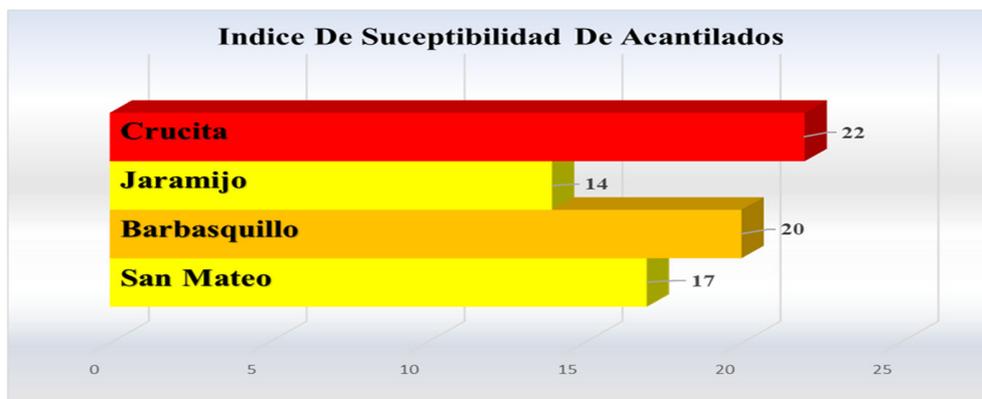
Escala de susceptibilidad en acantilados.

RANGO	≤13	14 – 17	18 – 20	≥21
SUSCEPTIBILIDAD	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta

Fuente: Autores.

Figura 6

Nivel de susceptibilidad ante los factores que generan retroceso en los acantilados seleccionados



Los sectores Crucita y Barbasquillo presentan un alto nivel de susceptibilidad más, debido a diversos condicionantes como la planicie de sus playas temporales las cuales son de poca extensión, junto al gran nivel de incidencia antrópica cercana a la franja litoral, la cual incluye algunos complejos residenciales prácticamente colgando de los escarpes.

Los sectores Jaramijó y San Mateo exhiben una moderada susceptibilidad; en el caso de San Mateo, el nivel de incidencia antrópica es prácticamente nula y su gran extensión de playa temporal con plataformas de abrasión, son condicionantes que evitan el impacto de los factores hidrodinámicos, a diferencia de Jaramijó que cuenta con una corta extensión de playa la cual se ve reforzada por el desprendimiento de material de los acantilados de mediana altura.

Conclusiones

Con este trabajo investigativo se concluye que Crucita es el sector costero con mayor exposición y susceptibilidad a la incidencia de procesos que generan retroceso en los acantilados litorales, esto producto de los factores hidrodinámicos erosivos y antropogénicos, así mismo como la calidad litológica del sector.

En los demás sectores de este estudio resalta San Mateo y Jaramijó, los cuales presenta un menor nivel de erosión debido a la intervención ingenieril como la construcción de un puerto de embarque (San Mateo) y un muelle reforzado con piedra escollera (Jaramijó).

En cuanto al sector Barbasquillo se destaca el desalojo y abandono de varias construcciones que cuelgan de los escarpes debido al daño recibido por los factores erosivos que, a pesar de tener una considerable extensión de plataformas de abrasión, el oleaje golpea con agresividad la pared de roca sedimentaria clástica de los acantilados.

Referencias bibliográficas

Alcañiz, M. (2008). Cambios demográficos en la sociedad global. *Papeles de población*, 14(57), 225-255. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-74252008000300011&script=sci_abstract (Artículo en revista)

Andrade V, H., Guitiérrez S., S., & Andrade C., H. (2013). *Estado Del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste*. (Vol. 4). Guayaquil, Ecuador: Comisión Permanente del Pacífico Sur. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1834/8311> (tesis)

Brett, N. (18 de eNERO de 2019). ¿Por qué las comunidades costeras vulnerables merecen toda nuestra atención? Obtenido de FIDA: <https://www.ifad.org/es/web/latest/-/%C2%BFpor-qu%C3%A9-las-comunidades-costeras-vulnerables-merecen-toda-nuestra-atenci%C3%B3n-> (Fuente Electrónico)

Caizapanta U., D. (2022). *Caracterización de nuevas ocurrencias del basamento de la región Costa de Ecuador: caracterización de afloramientos puntuales en la región Costa de Ecuador*.



Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/23374> (tesis)

Cantos C., G., Sotolongo S., R., Rosete B., S., & Cantos V., A. (2017). Flora y vegetación arbórea característica de la comuna El Pital, Parque Nacional Machalilla, Ecuador. CFORES, 5(1), 15-26. Obtenido de <https://cfores.upr.edu.cu/index.php/cfores/article/view/204/html#:~:text=La%20vegetaci%C3%B3n%20se%20caracteriza%20por,plantas%20espinosas%20del%20orden%20Fabales> (Artículo en revista)

Cedeño, F., & Méndez, W. (27 de Mayo de 2022). Acantilados litorales del pacifico sur de Ecuador (Provincia Santa Elena) como marcadores geomorfológicos de susceptibilidad a la erosión litoral. Revista Geociencias, 41(1), 255-272. doi: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v41i1.16317>

Climate-Data. (12 de Julio de 2023). Clima del Ecuador. Obtenido de Clima del Ecuador.: <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador-63/> (Fuente Electrónico)

Correa, I., & Vernet, G. (Diciembre de 2004). Introducción al problema de la erosión litoral en Urabá (sector Arboletes - Turbo), Costa Caribe Colombiana. Universidad EAFIT – Repositorio Institucional, 33(1), 5-26. Obtenido de <https://repository.eafit.edu.co/handle/10784/1601> (Artículo en revista)

EcuRed. (20 de Noviembre de 2023). EcuRed. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Provincia_de_Manab%C3%AD (Fuente Electrónico)

Eguez, A., Gaona, M., & Albán, A. (2017). MAPA GEOLOGICO DEL ECUADOR - Ministerio de Energía y Recursos Naturales no Renovables. Instituto de Investigacion Geologico y Energetico., Quito, Ecuador. Obtenido de <https://www.geoenergia.gob.ec/mapas-geologicos/> (Fuente Electrónico)

Fucks, E., Schnack, E., Scalise, A., Ahrendt, K., Vafeidis, N., & Sterr, H. (19 de Mayo de 2015). Procesos modeladores en los acantilados de Las Grutas, provincia de Río Negro. Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente, 1(34), 57-73. Obtenido de <https://www.editoriasagai.org.ar/ojs/index.php/rgaia/article/view/93/80> (Artículo en revista)

García R., O. (2018). Modelación del riesgo a deslizamientos de laderas inducidas por sismos en áreas vulnerables de la ciudad de Chilpancingo, Gro. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Ciudad de Mexico, Mexico. Obtenido de <http://ri.uagro.mx/handle/uagro/498> (tesis)

Geoportal IGM. (Enero de 2013). Capas de información geográfica básica del IGM de libre acceso. Recuperado el 20 de Noviembre de 2023, de Geoportal IGM: <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/> (Fuente Electrónico)



Google Earth Pro. (2023). Obtenido de <https://earth.google.com/web/> (Fuente Electrónico)

Google Maps. (2023).

Gornitz, V., Daniels, R., White, T., & Birdwell, K. (1994). The Development of a Coastal Risk Assessment Database: Vulnerability to Sea-Level Rise in the U.S. Southeast. *Journal of Coastal Research*, 327-338. Recuperado el 23 de Noviembre de 2023, de <http://www.jstor.org/stable/25735608> (Artículo en revista)

GPM. (2014). Estado del Medio Ambiente Marino y Costero del Pacífico Sudeste. *AquaDocs*, 1(4), 244. Recuperado el 31 de Octubre de 2023, de <http://hdl.handle.net/1834/8311> (Artículo en revista)

Ibarras M., D., & Belmonte S., F. (2017). *Comprendiendo el Litoral: Dinámica y procesos. Comprendiendo el litoral: Dinámica y procesos*. Universidad de Murcia, Murcia, España. Recuperado el 29 de Octubre de 2023, de <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2017/12/IbarraBelmonte.pdf> (tesis)

INOCAR. (15 de Noviembre de 2023). Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada., Tabla de Mareas (Estación Manta). Obtenido de INOCAR: <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas> (Fuente Electrónico)

Lindao B., J., & Polonio B., L. (2014). Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en la zona de Chipipe del cantón Salinas. Evaluación del potencial de licuefacción de suelos en la zona de Chipipe del cantón Salinas. Facultad de ciencias de la ingeniería, Universidad Estatal Península de Santa Elena, La Libertad, Ecuador. Recuperado el 6 de Agosto de 2023, de <http://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2291> (tesis)

Pendleton, E., Thieler, E., & Williams, S. (2010). Importance of Coastal Change Variables in Determining Vulnerability to Sea- and Lake-Level Change. *Journal of coastal research*, 261(1). doi: <https://doi.org/10.2112/08-1102.1> (Artículo en revista)

Rodrigues Da Silva, R., Pinheiro, L., Ximenes, A., & Morais, J. (2020). Mapeamiento Lidar Nas Falésias Costeiras Do Lester Cearense (Nordeste Do Brazil. *Revista Geociencias*, 39(2), 463-479. Recuperado el 14 de Agosto de 2023, de <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/14580/11707>

Romero, J. (2017). *El Manejo Integrado de Zona Costera*. Centro Universitario de la Costa Sur Universidad de Guadalajara. Guadalajara. Obtenido de http://www.pregrado.udg.mx/sites/default/files/unidadesAprendizaje/mizc_i.pdf (informe)

Ruiz Rivera, N. (2012). La definición y medición de la vulnerabilidad social. Un enfoque normativo. *Investigaciones geográficas*(77), 63-74. Recuperado el 15 de Agosto de 2023, de



http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-46112012000100006&lng=es&tlng=es. (Artículo en revista)

Santos, A., Bittencourt, A., Nascimento, L., & Dominguez, J. (2007). a ocupação urbana na orla da costa das baleias, estado da bahia, suscetibilidade a danos econômicos em função da dinâmica costeira. *Revista Geociencias*, 26(2), 173-180. Recuperado el 14 de Septiembre de 2023, de https://www.revistageociencias.com.br/geociencias-arquivos/26_2/Art%20%20Santos.pdf (Artículo en revista)

Vera A., M., Chunga M., K., & Zevallos M., I. (2021). Evaluación de la vulnerabilidad de la Línea de costa para apoyar los desarrollos sostenibles de poblados costeros en Manabí, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria Arbitrada Yachasun*, 5(8), 51-66. doi: <https://doi.org/10.46296/yc.v5i8edespab.0095> (Artículo en revista)

Vera, L., Lucero, M., & Mindiola, M. (2009). Caracterización oceanográfica de la costa central Ecuatoriana entre la punta del Morro y Jaramijó, Ecuador. *Instituto Oceanográfico de la Armada*, INOVAR, 15(1), 7-17. Recuperado el 23 de Agosto de 2023, de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/publicaciones/actas-oceanograficas/17-acta-oceanografica-del-pacifico-vol-15-n-1-2009/231-caracterizacion-oceanografica-de-la-costa-central-ecuatoriana-entre-la-punta-del-morro-y-jaramijo-ecuador>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.

