

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

Análisis geomorfológico y puesta en valor como geositios de acantilados de playas representativas de Manabí (Ecuador).

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero Geólogo**

Presentado por:

Nataly Alejandra Paz Salas

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021-2022

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a:

A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

A mis padres Denis y Sonia quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos Dennise y Donoban por su apoyo, cariño, paciencia y por preocuparse siempre por mí. Pero sobretodo, por compartir sus vidas conmigo, siempre serán mi mayor inspiración.

A la memoria de mi abuelita Bachita, fallecida antes de que pueda ver culminado esta gran etapa de mi vida, por ser uno de los pilares fundamentales en mi crianza, quien me impartió enseñanzas y valores que los mantendré conmigo el resto de mi vida. Sé que desde el cielo celebrarás

este gran logro y estarás orgullosa de la niña de tus ojos.

A mis abuelitos quien Dios los mantiene con vida Ernesto, Albita (padre) y Ángel (madre) quienes con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y me acompañan en todos mis sueños y metas.

A mis tíos y primos quienes me acogieron cuando abandoné mi hogar y mi familia y sólo pedía a Dios que me llevara con unas excelentes personas. Por su apoyo incondicional a pesar de la distancia.

Finalmente, a todos mis amigos y amigas por apoyarme cuando más los necesité, por extender su mano en momentos difíciles y por el cariño brindado cada día

## **AGRADECIMIENTOS**

Mis más sinceros agradecimientos a:

Agradezco a Dios por brindarme la fuerza necesaria para alcanzar mis objetivos y llegar a culminar esta gran etapa de mi vida.

Gracias a mis padres y hermanos por su apoyo incondicional a lo largo de la carrera y la elaboración de este trabajo final. Quienes me acompañaron en cada salida de campo que tenía para la recopilación de datos necesarios para este trabajo. Los declaro geólogos de corazón.

A mi alma mater la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), por haberme permitido formarme en sus aulas, compartiendo ilusiones y anhelos. Gracias por haberme recibido llena de ilusiones y con muchos sueños que hoy estoy a punto de cumplir.

A mi tutor Ing. Fernando Morante, PhD y co-tutor Ing. Paúl Carrión, PhD,

quienes me dieron la oportunidad de formarme como investigadora, marcando mi camino con grandes retos que gracias al apoyo mostrado y confianza impartida he podido lograr. Agradecerles porque han confiado en mis habilidades e ideas desde el primer día y hoy guían mi trabajo final para la consecución de mis objetivos.

Al Centro de Investigaciones y Proyectos Asociados a las Ciencias de la Tierra (CIPAT-ESPOL), cuyo director es el Ing. Paúl Carrión quien creyó en mi desde el tercer semestre de mi carrera, brindándome la oportunidad de aprender y formarme como una investigadora que está lista para salir al mundo y triunfar.

A María José Dominguez tutora de la Universidad de Oviedo y Edgar Berrezueta miembro del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), por su apoyo, sus conocimientos y enseñanzas quemarcaron el rumbo de este trabajo.

A mi mejor amiga Geanella Herrera por ser mi compañera desde primer semestre, por el apoyo y complicidad demostrada durante los años de la carrera. Compañera de aventuras, viajes y proyectos. Gracias Amiguita.

## DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Nataly Alejandra Paz Salas* y doy mi consentimiento para que la ESPOC realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



---

Nataly Alejandra Paz Salas

# EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:  
**DAVID RICARDO  
ALTAMIRANO  
MORAN**

---

**Ing. David Altamirano**

PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:  
**FERNANDO ENRIQUE  
MORANTE CARBALLO**

---

**Ing. Fernando Morante, PhD.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La provincia de Manabí localizada al noroccidente del Ecuador es considerada como una de las más representativas, por su relieve, playas y exuberantes paisajes como grandes acantilados. Estos rasgos geomorfológicos se han visto alterados debido a varios procesos que han cambiado la morfología de los mismos, siendo el principal detonador el terremoto del 16 de abril del 2016. El presente estudio tiene como objetivos: i) identificar cambios y alteraciones en la morfología de los acantilados determinando cambios en los elementos geomorfológicos a lo largo del tiempo; ii) evaluar el potencial de los acantilados de las playas más representativas de la provincia de Manabí, como geositos para que puedan ser aprovechados en la promoción turística de la zona. La metodología utilizada en este trabajo consiste en:

i) la elaboración de cartografía geomorfológica mediante imágenes satelitales de los años 2013, 2014, 2017 y 2018 y ii) el levantamiento de información de campo, gestionando toda la información, mediante un sistema de información geográfica. Los cambios en la morfología obtenidos luego del análisis, permiten considerar a los acantilados como geositos cambiantes. El análisis realizado permitió también definir que estos geositos pueden: ser aprovechados con fines científico, didáctico y turístico-recreativo y, ser parte de una estrategia de resiliencia, que ayude a los cantones afectados a recuperar su importancia turística para lograr impulsar el geoturismo. Destacando la relación entre la naturaleza, el patrimonio y el bienestar de sus habitantes.

**Palabras Clave:** provincia de Manabí, acantilados, terremoto 16A, geositos, geoturismo.

## **ABSTRACT**

*The province of Manabí located in the northwest of Ecuador is considered one of the most representative, due to its relief, beaches and lush landscapes such as large cliffs. Where these geomorphological features have been altered due to various factors that have changed their morphology, taking the earthquake of April 16, 2016A as the detonating axis. That is why the present study has as its first objective to identify changes and alterations in the morphology of cliffs for the determination of geomorphological structures produced that attract attention. And secondly, to evaluate the potential of the cliffs of the most representative beaches in the province of Manabí, as geosites so that they can be used to promote tourism in the area. The methodology used in this work consists of using geological cartography, satellite images of the years 2013, 2014, 2017 and 2018 and field information survey, articulated within a geographic information system, for the enhancement as geosites and promotion of the geotourism. The changes in morphology obtained after the analysis allow the cliffs to be considered geosites with great geomorphological value, which should be used as part of a resilience strategy, which helps the affected cantons to regain their tourist importance and thereby achieve boost geotourism. Highlighting the relationship between nature, heritage and the well-being of its inhabitants.*

**Keywords:** *Manabí province, cliffs, 16A earthquake, geosites, geotourism.*

## ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	VII
RESUMEN.....	VIII
<i>ABSTRACT</i> .....	IX
ÍNDICE GENERAL.....	X
ABREVIATURAS .....	XIII
SIMBOLOGÍA .....	XV
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
ÍNDICE DE TABLAS .....	XX
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XXI
CAPÍTULO 1 .....	1
1. Introducción .....	1
1.1 Descripción del problema .....	4
1.2 Justificación del problema.....	5
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 Objetivo General .....	6
1.3.2 Objetivos Específicos .....	6
1.4 Zona de Estudio.....	7
1.4.1 Contexto Geográfico .....	7
1.4.2 Contexto Geológico regional.....	8
1.4.3 Contexto Geológico local .....	9
✓ Zona Norte y Centro de Manabí .....	9
✓ Zona Sur de Manabí .....	10
1.4.4 Contexto Geomorfológico.....	12

1.4.5	Contexto Climático .....	13
1.4.6	Contexto Socio-Económico .....	14
CAPÍTULO 2.....		15
2.	Metodología .....	15
2.1	Recopilación de información bibliográfica y cartográfica .....	15
2.2	Trabajo de campo y procesamiento GIS.....	16
2.2.1	Actividades realizadas en campo.....	16
2.2.2	Mapa de localización y división de la zona de estudio en GIS .....	18
2.3	Elaboración de cartografía geomorfológica mediante fotointerpretación .....	19
2.3.1	Identificación de elementos geomorfológicos.....	19
2.3.2	Digitalización de elementos geomorfológicos .....	20
2.3.3	Evolución general de la costa en la zona de estudio.....	23
2.4	Evaluación semicuantitativa (Método IELIG) .....	24
2.5	Planteamiento de estrategias geoturísticas .....	27
CAPÍTULO 3.....		29
3.	Resultados y Análisis .....	29
3.1	Mapa de localización de sistemas playa-acantilado .....	29
3.2	Digitalización de elementos geomorfológicos.....	31
3.2.1	Evolución general de la costa en la zona de estudio.....	42
3.3	Fichas descriptivas de acantilados.....	52
3.3.1	Acantilado Canoa .....	53
3.3.2	Acantilado Bahía de Caráquez.....	55
3.3.3	Acantilado Crucita .....	57
3.3.4	Acantilado Santa Marianita .....	59
3.3.5	Acantilado San Lorenzo .....	61
3.3.6	Acantilado Los Frailes.....	63

3.4	Evaluación Método IELIG 2018.....	65
3.4.1	Evaluación de Intereses (Científico, Didáctico, Turístico-Recreativo) ....	66
3.4.2	Evaluación de la Susceptibilidad de Degradación Natural .....	70
3.4.3	Evaluación de la Susceptibilidad de Degradación Antrópica.....	73
3.4.4	Evaluación del Riesgo de Degradación (RDN, RDA).....	74
3.5	Planteamiento de estrategias geoturísticas. ....	76
3.5.1	Propuesta de Itinerario o Georuta .....	78
CAPÍTULO 4.....		83
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	83
4.1	Conclusiones .....	83
4.2	Recomendaciones .....	85
BIBLIOGRAFÍA.....		86
APÉNDICES .....		92

## ABREVIATURAS

16A	Terremoto del 16 de abril del 2016
AN	Amenazas Naturales
ArcGIS	Spatial Analysis Software
Bit	Binary digit
EF	Tamaño del LIG
F	Fragilidad
Fm	Formación
FODA	Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas
GPS	Global Positioning System (Sistema de Posicionamiento Global)
Ic	Interés científico
Id	Interés didáctico
IELIG	Inventario Español de Lugares de Interés Geológico
IGME	Instituto Geológico y Minero de España
Jpg	Joint Photographic Experts Group
MDE	Modelo Digital de Elevaciones
MDP	Modelo Digital de Pendientes
MDS	Modelo Digital de Sombreado
MDT	Modelo Digital del Terreno
Png	Portable Network Graphics (Gráficos de Red Portátiles)
ppp	Puntos por pulgada
RDA	Riesgo de degradación antrópica
RDN	Riesgo de degradación natural
SD	Susceptibilidad de degradación
SDA	Susceptibilidad de degradación por causa antrópica
SDN	Susceptibilidad de degradación por causa natural
Shp	Shapefile
To	Interés turístico
UTM	Universal Transversal Mercator

VA	Vulnerabilidad por causas antrópicas
VN	Vulnerabilidad natural
VUAG	Vulnerabilidad por antrópico general
VUEX	Vulnerabilidad por interés para colecciones y posibilidad de expolio
VUI	Vulnerabilidad por cercanía a infraestructuras
VUM	Vulnerabilidad por interés minero

## SIMBOLOGÍA

cm	Centímetro
°C	Grados centígrados
m	Metro
mm	Milímetros
m/año	Metros al año
%	Porcentaje
km	Kilómetro
km <sup>2</sup>	Kilómetro cuadrado

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Rasgos Geomorfológicos de una zona costera. Basado en (García-Hernández et al., 2017).....	1
Figura 1.2 Mapa de Ubicación de la zona de estudio. ....	7
Figura 1.3 Contexto Geodinámico del Ecuador (Gutscher et al., 1999) .....	8
Figura 1.4 Mapa Geológico de la provincia de Manabí.....	11
Figura 2.1 Cuadro representativo de la metodología utilizada .....	15
Figura 2.2 Reconocimiento de campo de la zona de estudio.....	17
Figura 2.3 Reconocimiento de tipo de roca y fotos aéreas .....	17
Figura 2.4 Salida de campo Geoparque Montañas do Courel.....	28
Figura 3.1 Mapa de localización de sistemas playa-acantilado .....	30
Figura 3.2 Distribución de las pendientes en las áreas de estudio. A) Cantón San Vicente y Sucre. B) Cantón Puerto López. C) Cantón Portoviejo y Manta .....	32
Figura 3.3 Tramos de plataforma de abrasión en la costa objeto de estudio .....	33
Figura 3.4 Tramos de acantilado activo en la costa objeto de estudio .....	34
Figura 3.5 Presencia de escollos en acantilados de Manabí .....	34
Figura 3.6 Tramos de ladera en equilibrio en los acantilados objetos de estudio .....	35
Figura 3.7 Tramos de cicatrices en los acantilados objeto de estudio .....	36
Figura 3.8 Tramos de grietas en los acantilados objeto de estudio. ....	37
Figura 3.9 Tramos de movimientos complejos en los acantilados objetos de estudio. ....	38
Figura 3.10 Tramos de flujo superficial en los acantilados objetos de estudio.....	39
Figura 3.11 Cuencas hidrográficas de orden 2 (Strahler, 1957) en dos de los tramos objeto de estudio.....	40
Figura 3.12 Modelos conceptuales de los distintos elementos geomorfológicos identificados en los acantilados.....	42
Figura 3.13 Detalle del acantilado Canoa en el que se muestra cambios entre 2014 y 2018. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de un	

movimiento complejo (cuadrado noroeste) y flujo superficial (cuadrado sureste). .....	43
Figura 3.14 Comparación del límite del acantilado Canoa en el año 2014 y 2018. .....	44
Figura 3.15 Detalle del acantilado Bahía de Caráquez en el que se muestra cambios entre 2014 y 2018. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de un movimiento complejo (cuadrado noreste) y flujo superficial (cuadrado sureste y frontal) .....	45
Figura 3.16 Comparación del límite del acantilado Bahía de Caráquez en el año 2014 y 2018.....	45
Figura 3.17 Detalle del acantilado Crucita en el que se muestra cambios entre 2013 y 2017. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de flujos superficiales (cuadrado noreste y sureste) .....	46
Figura 3.18 Comparación del límite del acantilado Crucita en el año 2013 y 2017. .....	46
Figura 3.19 Detalle del acantilado Santa Marianita en el que se muestra cambios entre 2014 y 2018. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de flujos superficiales (cuadrado noreste) y movimientos complejos (cuadrado sureste).....	47
Figura 3.20 Comparación del límite del acantilado Santa Marianita en el año 2014 y 2018.....	48
Figura 3.21 Detalle del acantilado San Lorenzo en el que se muestra cambios entre 2014 y 2018. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de flujos superficiales y movimientos complejos (cuadrado noreste) y ladera en equilibrio (cuadrado sureste) .....	49
Figura 3.22 Comparación del límite del acantilado San Lorenzo en el año 2014 y 2018. .....	49
Figura 3.23 Detalle del acantilado Los Frailes en el que se muestra cambios entre 2013 y 2017. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de movimientos complejos (cuadrado sureste) y flujos superficiales (cuadrado noreste).....	50

Figura 3.24 Comparación del límite del acantilado Los Frailes en el año 2013 y 2017. .....	51
Figura 3.25 a) Acantilado Canoa lado sur con presencia de río Canoa; b) tomas de muestras de mano; c) Vista panorámica de acantilado y playa .....	54
Figura 3.26 a) Acantilado Bahía de Caráquez lado norte; b) toma de muestras de mano; c) Vista panorámica de acantilado y playa.....	56
Figura 3.27 a) Acantilado Crucita vista inferior; b) vista superior y pendiente; c) Vista panorámica de acantilado y playa .....	58
Figura 3.28 a) Acantilado Santa Marianita lado oeste; b) zona de roca visible y toma de muestras; c) Vista panorámica de acantilado lado norte y playa .....	60
Figura 3.29 a) Acantilado San Lorenzo lado norte; b) lado este vista superior; c) Vista panorámica de acantilado y playa.....	62
Figura 3.30 a) Acantilado Punta los Frailes; b) Acantilado arroyo los Frailes; c) Vista panorámica de acantilados y playa .....	64
Figura 3.31 Clasificación de los resultados obtenidos del promedio de intereses de los geomorfositos. ....	66
Figura 3.32 Geomorfositos destacados. a) Acantilado y cabo San Lorenzo; b) Arco de San Lorenzo; c) Bahía y Punta Los Frailes; d) Arco de punta Los Frailes. ....	68
Figura 3.33 Geomorfositos destacados. a) Acantilados abruptos Canoa; b) Geoformas presentes en Bahía de Caráquez; c) Geoformas presentes en Santa Marianita; d) Acantilados abruptos Crucita .....	70
Figura 3.34 Clasificación de los resultados obtenidos de la susceptibilidad de degradación por amenazas naturales de los geomorfositos. ....	72
Figura 3.35 a) Acantilado Canoa y b) Acantilado Bahía de Caráquez, geomorfositos de valor máximo en rango Alto; c) Acantilado Los Frailes, geomorfosito de valor mínimo .....	72
Figura 3.36 Clasificación de los resultados obtenidos de la susceptibilidad de degradación por amenazas antrópicas de los geomorfositos. ....	74
Figura 3.37 Geomorfositos afectados por amenazas antrópicas. a) Acantilado Crucita; b) Acantilado Canoa; c) Acantilado San Lorenzo.....	74
Figura 3.38 Clasificación de resultados del riesgo de degradación por amenazas naturales. ....	75

Figura 3.39 Clasificación de resultados del riesgo de degradación por amenazas antrópicas. ....	76
Figura 3.40 Diseño de propuesta de georuta.....	78
Figura 3.41 Diseño de itinerario geomorfológico en Manabí.....	80
Figura 3.42 Diseño de sitio web y folletería de la georuta.....	82

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Clasificación de valores de pendientes para el análisis geomorfológico. .....	20
Tabla 2.2 Elementos geomorfológicos reconocidos en este trabajo con indicación del tipo de representación geométrica en ArcGIS.....	21
Tabla 3.1 Coordenadas de acantilados seleccionados.....	29
Tabla 3.2 Datos de longitud y superficie de las diferentes formas reconocida en la cartografía geomorfológica. ....	41
Tabla 3.3 Tasas de retroceso en la zona de estudio.....	51
Tabla 3.4 Ficha descriptiva N°1, correspondiente al Acantilado de la playa Canoa. .....	53
Tabla 3.5 Ficha descriptiva N°2, correspondiente al Acantilado de la playa Bahía de Caráquez.....	55
Tabla 3.6 Ficha descriptiva N°3, correspondiente al acantilado de la playa Crucita. .....	57
Tabla 3.7 Ficha descriptiva N°4, correspondiente al acantilado de la playa Santa Marianita.....	59
Tabla 3.8 Ficha descriptiva N°5, correspondiente al acantilado de la playa San Lorenzo .....	61
Tabla 3.9 Ficha descriptiva N°6, correspondiente al acantilado de Los Frailes.	63
Tabla 3.10 Puntajes de los intereses científico (Ic), didáctico (Id) y turístico (To), susceptibilidad a la degradación (SD), y riesgo de degradación (RD).....	65
Tabla 3.11 Análisis FODA del área de estudio. La matriz combina características internas identificadas por las letras (F) y (D) y características externas identificadas por las letras (O) a (A).....	76
Tabla 3.12 Análisis de costos para la implementación de una georuta en Manabí	81

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Análisis geomorfológico de acantilado Canoa .....	92
Anexo 2: Análisis geomorfológico de acantilado Bahía .....	93
Anexo 3: Análisis geomorfológico de acantilado Crucita .....	93
Anexo 4: Análisis geomorfológico de acantilado Santa Marianita.....	93
Anexo 5: Análisis geomorfológico de acantilado San Lorenzo.....	93
Anexo 6: Análisis geomorfológico de acantilado Los Frailes. ....	93
Anexo 7: Materiales de atriles y paneles a implementar en la georuta .....	93

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ámbitos costeros son uno de los ambientes más dinámicos de la tierra y la única región donde interactúan los procesos ligados a la atmósfera, mar, agua dulce y tierra. Este tipo de zonas presentan paisajes diversos resultantes de una gran heterogeneidad geomorfológica, climática, ecológica y socioeconómica (Cendrero et al., 2005). Las zonas costeras se caracterizan por la redistribución del sedimento, presencia de ecosistemas biológicos propios y, adicionalmente, por la ocurrencia de una serie de procesos relacionados con factores marítimos (ej. oleaje, viento, mareas, corrientes). Los principales rasgos geomorfológicos terrestres que presenta esta zona son: playas, dunas costeras, y acantilados (A. González & Moñino, 2000) (Figura 1.1). A los acantilados se los define como accidentes geográficos con gran pendiente y altura variable (Zavala & Freire, 2016). Estos que tienen forma de escarpe litoral denudado, modelados por la erosión marina y constituidos por afloramientos de rocas duras antiguas. Los acantilados resultan importantes ya que, analizando sus características geomorfológicas se pueden establecer los procesos, factores y mecanismos más relevantes que afectan su morfología, su dinámica y su evolución particular (Gracia & Del Rio, 2007).



**Figura 1.1 Rasgos Geomorfológicos de una zona costera. Basado en (García-Hernández et al., 2017)**



El Ecuador es un país localizado en la región noroccidental de América del Sur, (Figura 1.2). Es considerado como uno de los de mayor diversidad geológica, a pesar de que solo ocupa el 0,19% de la superficie de la corteza (Carrión-Mero, et al., 2020). De acuerdo con (Berrezueta et al., 2021), un total de 372 geositios han sido identificados en Ecuador en diversas iniciativas (por ejemplo: geoparques UNESCO, propuestas de Geoparque y rutas geológicas).

El país cuenta con más de 2000 km de litoral que alcanzan los 100 m de elevación en las estribaciones occidentales de los Andes, donde es posible disfrutar de lugares de contacto con el mar, arena, sol y naturaleza. La provincia de Manabí, dentro la zona litoral, presenta 350 km de costa con relevantes manifestaciones geomorfológicas que llaman la atención de turistas. Donde la mayor parte de estos sitios relevantes se localizan en cantones como: Jama, San Vicente, Sucre, Portoviejo, Manta, Puerto López (Jos, 2018; Soledispa, 2014).

La relevancia de los sitios antes indicados se sustenta en la importancia geológica que tienen, y al potencial para ser considerados y catalogados como geomorfositos o lugares de interés geomorfológico (Reynard & Panizza, 2007), ya que son geoformas que poseen un valor geomorfológico, histórico, cultural, estético y/o socioeconómico, que merecen ser protegidos, debido a que forman parte del patrimonio natural de un país. Según (Palacio-Prieto, 2013) los geomorfositos pueden ser, desde objetos geomorfológicos individuales hasta un paisaje, que puede ser modificado por el tectonismo de un país o ser dañado e incluso destruido por actividad humana.

En la costa de Ecuador y en particular en la provincia de Manabí, la sismicidad es muy activa, lo que ha originado que se produzcan una multitud de sismos de magnitudes variadas que pueden influir en el proceso de modelado de relieve al producir deformaciones y fallas (Vaca et al., 2009). Estos procesos tectónicos pueden ocasionar una gran variedad de efectos geológicos como los terremotos, los cuales causan graves daños a los asentamientos humanos e infraestructuras amenazando la vida de los habitantes (Chunga et al., 2019). Además, los efectos

cosísmicos secundarios pueden incluir la drástica modificación de un área y sus paisajes durante un período más largo de tiempo, debido a la generación de sacudidas del suelo que originan deslizamientos de tierra y fallas de taludes (Castedo, 2012). Debido a la ocurrencia de este tipo de movimientos tectónicos producen cambios en la morfología de gran parte de estructuras geomorfológicas. Uno de los cambios más evidentes se da en los acantilados, ya que son frecuentes los movimientos del terreno, con desplazamiento de rocas hacia las zonas bajas al pie del acantilado. Además, se puede ocasionar que se dé el afloramiento en superficie de plataformas de abrasión, debido a un cambio relativo respecto al nivel del mar (Jos, 2018; Suárez-Acosta et al., 2021).

En la provincia de Manabí se registraron grandes sismos que ocasionaron destrucciones parciales y totales en cantones como Bahía de Caráquez, Portoviejo y Canoa como el de 1896 y 1998, donde se generaron grandes deslizamientos en acantilados y levantamientos de terrenos. En los años 1906, 1942, 1964 se registraron otros terremotos con epicentro en el Océano Pacífico, frente a las costas de la frontera Ecuador-Colombia, que devastaron a ciertas partes del litoral (Rudolph & Szirtes, 1991). Recientemente se registró otro gran terremoto en la zona, ocurrido el 16 de abril del 2016 (terremoto 16A) de M 7.8 con epicentro entre las poblaciones de Pedernales y Cojimíes, el cual afectó significativamente a varios atractivos turísticos del litoral, provocando deslizamientos, debilitamiento de estructuras y problemas de accesibilidad (Bravo, 2017).

La presencia de este tipo de procesos que tienden a cambiar a los acantilados corresponden a una combinación de factores, los cuales a la hora de fomentar su potencial resultan atractivos no solo por ser un recurso natural, sino por constituirse como un lugar de carácter científico y educativo que permiten comprender el modo en que los ambientes costeros se conforman y evolucionan. Brindándole a la zona donde se encuentran una opción de desarrollo geoturístico, considerado como un tipo turismo alternativo que busca promover la geología y la geomorfología, con el fin de identificar, proteger y conservar los geomorfositos (Ayala-Granda et al., 2020; Carrión-Mero, Ayala-Granda, et al., 2020).

## 1.1 Descripción del problema

Manabí es considerada como una de las provincias con mayor cantidad de atractivos turísticos representativos del Ecuador, ya que presenta ecosistemas que llaman la atención por sus características, como playas de arenas blancas y grises, bellos paisajes y escarpados acantilados (Cantos, 2020).

En la provincia de Manabí, área estudiada en este trabajo, los rasgos geomorfológicos costeros más abundantes son los acantilados como los localizados en las playas de Canoa, Bahía de Caráquez, Crucita, Santa Marianita, San Lorenzo y Puerto López. Los cuales por la posición geográfica de la misma han sido afectados por grandes movimientos en masa generados por movimientos sísmicos como el terremoto 16A. Este evento ocasionó alteraciones y debilitamiento provocando cambios en su morfología, que requieren de una identificación. Esta primera problemática ocasionó que entidades encargadas de fomentar el geoturismo no los consideren dentro de su plan de promoción, notándose la falta de estrategias para el aprovechamiento de las estructuras geomorfológicas identificadas para llamar la atención de los visitantes.

Debido a lo mencionado, estos rasgos son considerados relevantes como recursos útiles desde el punto de vista científico, educativo y turístico que no están siendo aprovechados ni protegidos. La usencia de protección y aprovechamiento de estos recursos se considera como la segunda problemática que se pretende abordar en este estudio. En concreto busca establecer una adecuada catalogación y caracterización que permita un aprovechamiento geoturístico.

## 1.2 Justificación del problema

En la actualidad uno de los sectores económicos de mayor dinamismo es el turismo. Este dinamismo se sustenta en, la explotación de los recursos (naturales, históricos y culturales) de los países, siendo una fuente importante de ingresos para su economía. En general todos los recursos del planeta son susceptibles de convertirse en productos turísticos si se les genera o agrega el valor necesario como seguridad, salubridad, servicios turísticos, accesibilidad y la conectividad respectiva con los turistas, pero basados en los principios de la sostenibilidad (Arroyo, 2018).

El Ecuador como una estrategia de organización ha establecido nueve zonas de desarrollo. La Región Pacífico (zona 4), donde se localiza el área de estudio de este trabajo (provincia de Manabí), posee una gran riqueza natural y cultural. Los principales destinos turísticos de esta provincia son: Cojimíes, Pedernales, Jama, Canoa, San Vicente, Bahía Caráquez, Chone, Calceta, Crucita, Manta, Montecristi, Isla de la Plata, Jipijapa, Puerto Cayo, Parque Nacional de Machalilla, Puerto López y Ayampe (Aguilar Apolo & Correa-Quezada, 2016).

Para este trabajo se consideran algunas de las playas más representativas de la provincia de Manabí como Canoa, Bahía de Caráquez, Crucita, Manta, Santa Marianita, San Lorenzo y Los Frailes. Donde como primera instancia se busca con este estudio poder determinar estructuras geomorfológicas o cambios en los acantilados, tomando como eje detonador el movimiento sísmico (terremoto 16A) producido en la provincia de Manabí de M 7.8 con epicentro entre las poblaciones de Pedernales y Cojimíes. Para con ello, dar las recomendaciones necesarias para mitigar estos efectos y que los lugares puedan seguir brindando su espectacularidad, belleza y seguridad al turista. Estos cambios representan para la provincia un recurso importante a considerar, ya que luego de una revisión documental, se evidenció que, desde hace ya algunas décadas, en el mundo han estado surgiendo iniciativas que trabajan por la promoción y la valoración del entorno abiótico, en especial, de la geología y la geomorfología por medio del

geoturismo (González & Serrano, 2008). Además, se busca resaltar la importancia de los acantilados, destacando sus características geológicas y geomorfológicas que, como medio terrestre abrupto que se introduce en el mar, junto con su papel como mirador, presentan y pueden ser considerados como destinos turísticos ayudando a fomentar el geoturismo (Zavala & Freire, 2016). Esta iniciativa no se ha visto aplicada en este lado de la provincia, lo que brinda una ventana importante para la consideración de esta como una estrategia de resiliencia. Esta estrategia proporcionaría a estos lugares un valor agregado, para que puedan ser aprovechados en recuperar el turismo que perdieron debido al terremoto 16A (Pinos, 2019).

### **1.3 Objetivos**

#### **1.3.1 Objetivo General**

1. Identificar cambios y alteraciones en la morfología de los acantilados para la determinación de los procesos geomorfológicos activos predominantes.
2. Evaluar el potencial de los acantilados de las playas más representativas de la provincia de Manabí, como geositos para que puedan ser aprovechados en la promoción turística de la zona.

#### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar imágenes aéreas de los acantilados para distinguir elementos geomorfológicos y determinar su evolución.
- Evaluar las condiciones de potencial y puesta en valor de recursos, mediante el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), para su integración en iniciativas de geoturismo.
- Plantear estrategias de desarrollo turístico en las playas de Manabí, mediante un análisis de Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas (FODA) con expertos para la promoción del desarrollo geoturístico.

## 1.4 Zona de Estudio

### 1.4.1 Contexto Geográfico

El trabajo se centra en la provincia de Manabí, ubicada en la costa del Ecuador, su extensión territorial es de 18.878 km<sup>2</sup> y está limitada al norte por la provincia de Esmeraldas, al sur Guayas, al este Guayas, Los Ríos y Pichincha, y al oeste por el Océano Pacífico. En concreto, este estudio se centra en los cantones San Vicente, Sucre, Portoviejo, Manta y Puerto López, donde se localizan los acantilados de las playas Canoa, La Bellaca (Bahía de Caráquez), Crucita, Santa Marianita, San Lorenzo y los Frailes (Figura 1.2).

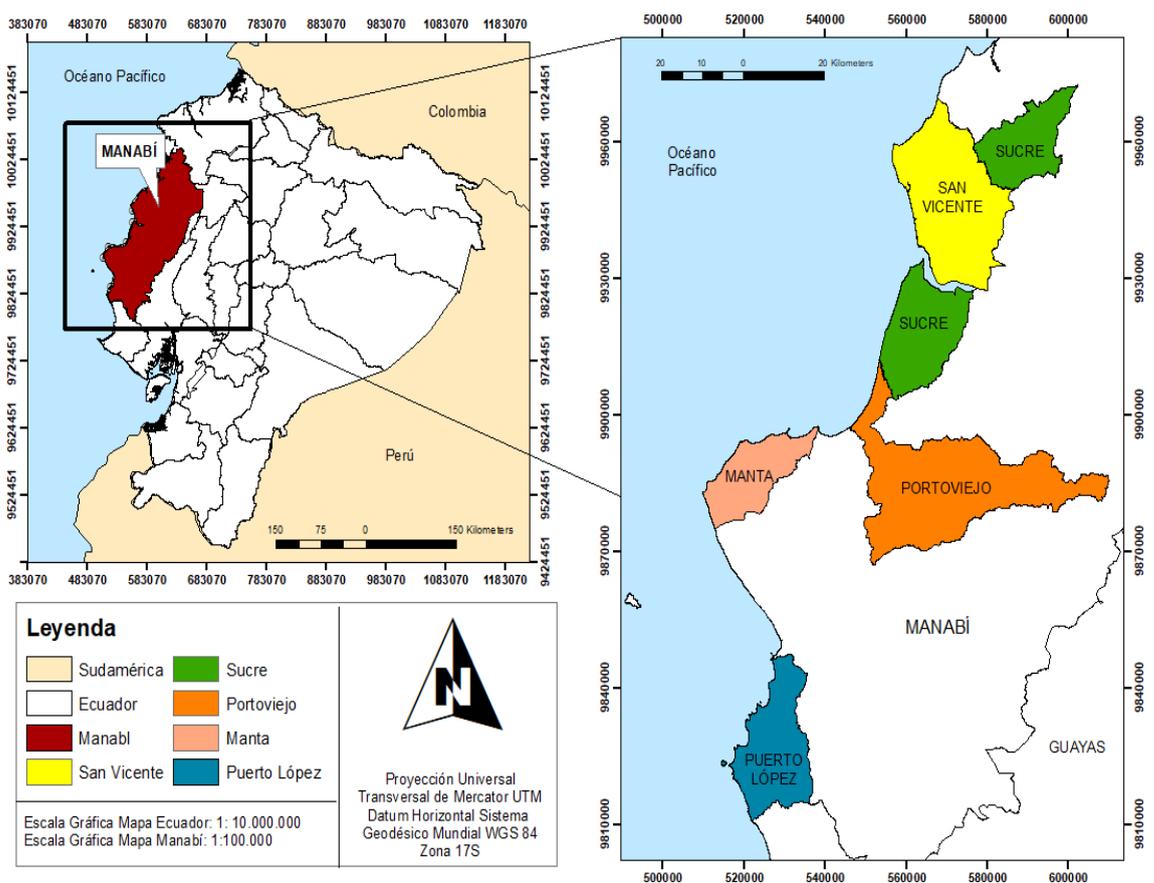


Figura 1.2 Mapa de Ubicación de la zona de estudio.

## 1.4.2 Contexto Geológico regional

Las costas de la provincia de Manabí se encuentran localizadas frente a una zona de subducción activa, lo que las hace altamente sísmicas. La línea de costa que se encuentra localizada en la pared interna de la Fosa Oceánica Ecuatoriana, es considerada como el principal carácter oceánico del Sistema de Subducción (Vaca et al., 2009).

Este sistema es una dupla Arco-Fosa que representa el límite entre las dos placas corticales Nazca y Sudamericana. Donde la placa oceánica de Nazca se mueve en sentido este, mientras que la continental Sudamericana se mueve hacia el Oeste, teniendo como resultado la zona de subducción debido a que, la placa oceánica se hunde bajo la placa continental por la diferencia de densidades (Julieth & Chang, 2017) (Figura 1.3).

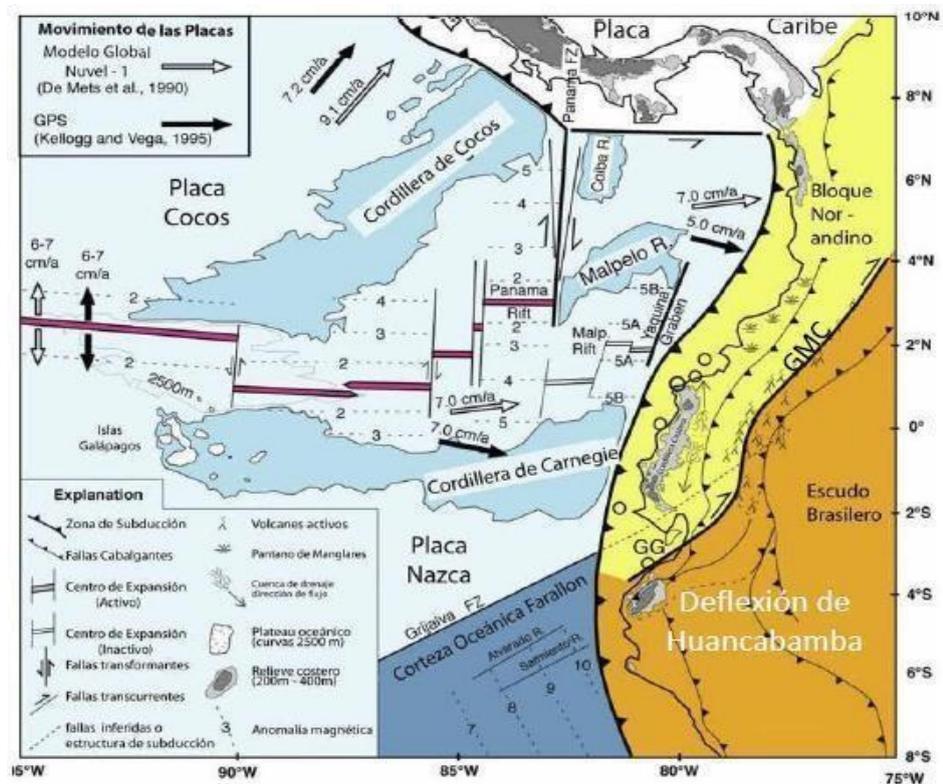


Figura 1.3 Contexto Geodinámico del Ecuador (Gutscher et al., 1999)

### 1.4.3 Contexto Geológico local

La provincia de Manabí está limitada al norte por la falla geológica activa Jama Quinindé, al sur por el arco volcánico Macushi, al este por la Cordillera de los Andes y hacia el oeste por el basamento ultrabásico de fondo marino, que también puede ser considerado de la Formación Macushi (Julieth & Chang, 2017). Está formada por una cordillera que atraviesa la región, constituida por terrenos con elevaciones que van entre 200 y 600 m de altura, están compuestas de rocas sedimentarias terciarias y cuaternarias muy poco consolidadas (Zambrano et al., 2015).

#### ✓ Zona Norte y Centro de Manabí

En la zona norte y centro de la provincia se encuentran rocas de edad miocénica como lutitas arcillosas, limolitas junto a rocas blandas poco consolidadas. Existen espacios muy perturbados con presencia de fallas y en algunos casos cuerpos deslizados con buzamientos pronunciados con disposición subhorizontal, correspondiente a la cuenca Borbón (Soledispa, 2014). Las formaciones geológicas que se encuentran en la zona son: Fm. Viche, Fm. Tosagua, Fm. Charapotó, Fm. Onzole, Fm. San Mateo, Fm. Piñón, Fm. San Eduardo, Fm. Cerro, Fm. Borbón, Miembro Villingota y Dos Bocas (Carvajal Zambrano & Lemoine Quintero, 2018; Chunga, 2014; Díaz Castro, 2013)

Las formaciones que se encuentran aflorando en los cantones Pedernales, Jama, San Vicente, Sucre y Portoviejo son:

- Fm. Borbón constituida por areniscas de grano medio a grueso.
- Fm. Onzole constituida por arcillas y limonitas.
- Fm. Charapotó compuesta por láminas de lutita tobácea y calcárea.
- Fm. Piñón compuesta por lavas basálticas en almohadilla.

## ✓ Zona Sur de Manabí

En la zona sur se pueden determinar dos elementos de gran importancia como la Cordillera Chongón-Colonche y la Cuenca Progreso. Las formaciones que se encuentran son Fm. Piñón, Fm. Canoa, Fm. Cayo, Fm. San Mateo, Fm. Balzar, Fm. Tablazo, Fm. Playa Rica y Miembro Zapotal, depósitos coluviales, aluviales y fluvio marinos (Chunga, 2016; Julieth & Chang, 2017).

Las formaciones geológicas que afloran en los cantones Manta, Puerto López y Jaramijó son:

- Fm. Cayo (Miembro Cayo Calentura, Cayo S.S y Guayaquil Chert), constituida por una serie de sedimentos volcano-sedimentarios con espesores de hasta tres mil metros, que descansan mediante un aglomerado basal sobre la formación Piñón, la edad asociada es Cretáceo Superior (Benítez, 1995; Félix, 2017).
- Fm. Canoa del Plioceno Medio a Superior constituida por limos arcillosos y arcillas silitosas gris verde sueltas, arenas arcillosas poco consolidadas con zonas concrecionadas y un nivel de diatomeas afloradas en el margen izquierdo del río Portoviejo (Alvarez Córdova et al., 2002) (Figura 1.4)

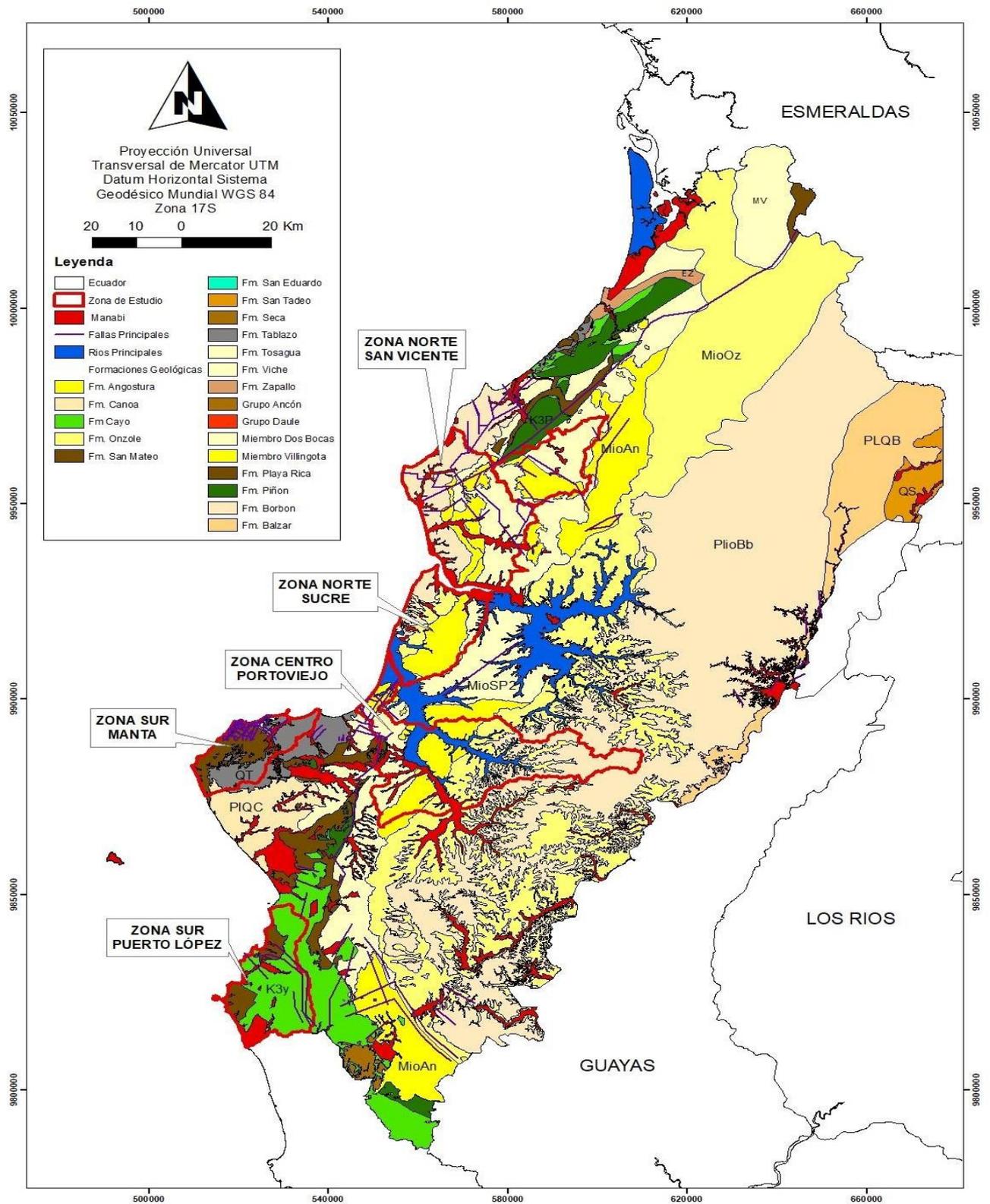


Figura 1.4 Mapa Geológico de la provincia de Manabí.

#### 1.4.4 Contexto Geomorfológico

El conjunto geomorfológico de la Costa Ecuatoriana, se extiende desde la línea de costa hasta la vertiente de la Cordillera de los Andes a una altura de 1200m. Variando notablemente cuando se extiende hacia la franja latitudinal Guayaquil-Portoviejo, donde alcanza una amplitud de 180km. Finalmente, se vuelve estrecha hacia el sur de Guayaquil, donde la franja es de 20 a 40 km (Dauteuil, 2011).

Al este de la provincia se localiza una zona de piedemonte, caracterizada por relieves con pendientes inferiores al 25%. En el centro-este y sur de la región se encuentran zonas bajas de 30 a 80km, donde se evidencia una gran llanura, cuyo relieve presenta superficies planas y onduladas. Al sur de la provincia se pueden diferenciar dos partes: i) el Cabo San Lorenzo y el Aromo que forman planicies elevadas al Oeste y ii) Montecristi que forma planicies bajas con elevaciones puntuales al Este.

Otros rasgos geomorfológicos que se observan en los cantones de la costa son los acantilados con pendientes abruptas, planicies costeras, relieves colinados altos, medios y bajos, terrazas medias y valles fluviales con terrazas medias, aluviales y coluviones (Terán, 2019). Extendidos de norte a sur: Península de Cojimíes; los cabos Pasado, San Mateo y San Lorenzo, las puntas Cojimíes, Zurrone, Brava, Charapotó, Jaramijó, Cayo y Ayampe; las bahías: de Cojimíes, de Caráquez y de Manta; las ensenadas: Jama, Crucita, Cayo o Machalilla.

#### **1.4.5 Contexto Climático**

Las características climáticas de la provincia de Manabí, se encuentran determinadas por la influencia de las corrientes del océano pacífico. Una de las corrientes es la fría de Humboldt, que se extiende desde el polo sur hacia la zona ecuatorial. La otra corriente ecuatorial es la denominada de El Niño que por su condición cálida produce la evaporación suficiente para que en los meses de enero a mayo se produzcan lluvias en las costas manabitas. En cambio, en los meses de junio a diciembre la evaporación es menos, por lo que el clima es menos caluroso gracias a la corriente fría de Humboldt (Cartaya et al., 2016).

La provincia de Manabí presenta dos grandes sub zonas climáticas: cálida-fresca-seca y cálida-ardiente-húmeda. La primera se extiende desde el Puerto de Manta hasta la isla Puná y hacia el interior, hasta la cordillera Costanera, con tierras secas y áridas, con vientos continuos procedentes del mar (Contreras et al., 2014). La segunda comprende los territorios de la costa interna hasta los declives de la cordillera Occidental, la cual se encuentra más alejada del mar, su clima es caluroso y tiene una temperatura de 26°C, con constantes lluvias (Almeida, 2010).

#### 1.4.6 Contexto Socio-Económico

La provincia de Manabí es urbana y rural. La población que la compone se concentra en un 56.39% en zonas urbanas y un 43.61% en zonas rurales. La población total de la provincia es de 1.369.780 habitantes, según el Censo de Población y Vivienda (2019). Donde 496.513 habitantes son económicamente activos, de los cuales 356.391 hombres se dedican a actividades como jornaleros, agricultores, artesanos, pescadores, trabajadores de servicios y profesionales. Los restantes 140.122 son mujeres empleadas en el sector privado, o bien profesionales del sector público y emprendedoras (Zambrano et al., 2015).

El motor fundamental de la economía de la provincia es la tierra, es decir, su actividad de preferencia es la agricultura y la ganadería desarrollada en la población rural, la cual representa el mayor peso de la economía de la provincia. En las zonas urbanas por el contrario, la actividad que mayor destaca es el comercio y la pesca (Mendoza et al., 2019).

El turismo se ha convertido en los últimos años en una alternativa para incrementar el crecimiento económico de la provincia. Se considera a Manabí como un sector productivo, porque integra elementos naturales, culturales, históricos y gastronómicos que permiten llamar la atención de los turistas. Según (Arroyo, 2018) el 14% de los turistas que visitan la provincia provienen de extranjero, el 30% del territorio nacional y el 56% de los cantones locales. Indicando que la actividad turística que más desarrollan, es la visita a las playas en un 50%, cascadas y ríos 20%, turismo de aventura 16% y turismo cultural 8%. Lo que evidencia que la provincia posee un alto potencial turístico que debe ser aprovechado para impulsar la economía (Álava, 2018).

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo en este trabajo ha supuesto la realización de una serie de tareas que incluyeron el desarrollo de trabajo de gabinete y de campo. Se resumen en el siguiente esquema y, a continuación, se explicarán en detalle (Figura 2.1).

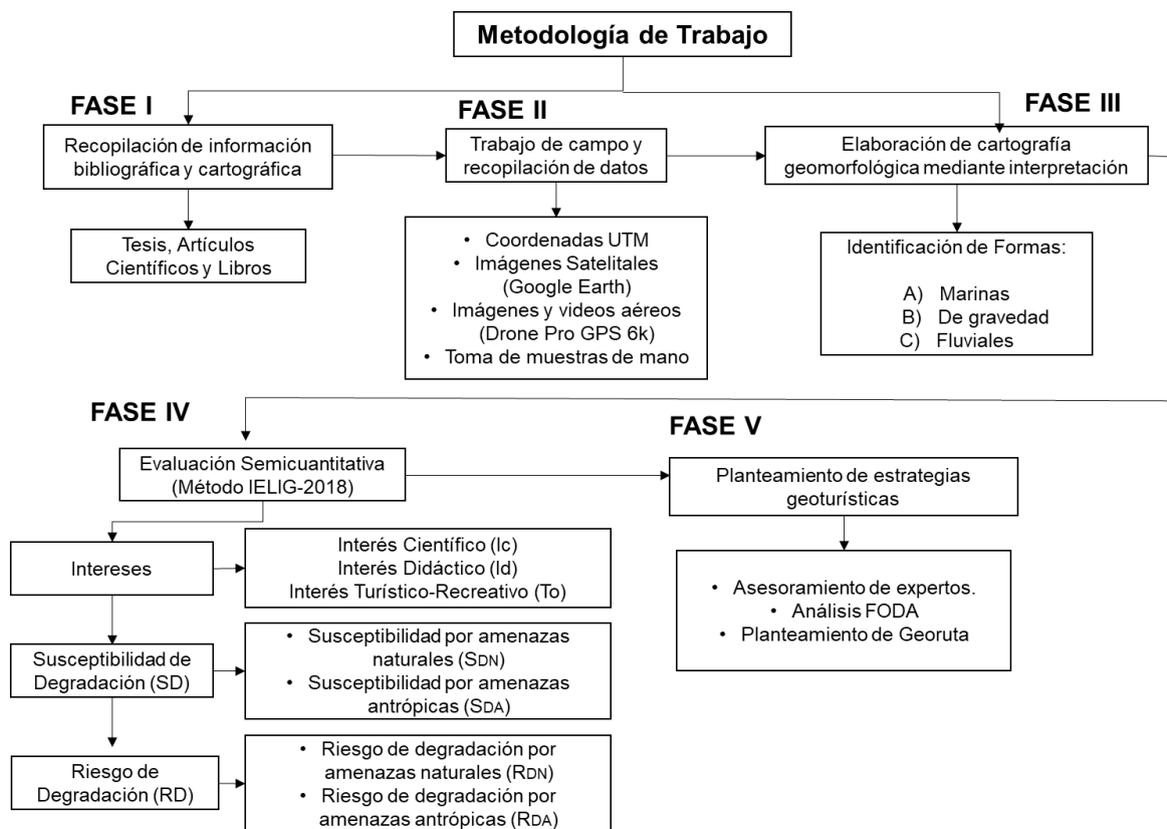


Figura 2.1 Cuadro representativo de la metodología utilizada.

### 2.1 Recopilación de información bibliográfica y cartográfica

El trabajo comenzó con la búsqueda, recopilación y revisión de tesis, artículos científicos y libros relacionados con el contexto geográfico, geológico, geomorfológico, tectónico, climático y socioeconómico de la provincia de Manabí y de los cantones involucrados.





En esta etapa se recopiló las cartas topográficas a escala 1: 50.000 en formato shapefiles (shp), tomados del Gestor de Descarga de Información del Geoportal Agro Ecuatoriano de libre acceso (<http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/cartografia-de-libre-acceso-escala-50k/>). Los modelos digitales de terreno a escala 1:25.000 con tipo de pixel (punto flotante) y profundidad de 32 Bit y las cartas geológicas del cantón San Vicente, Sucre, Portoviejo, Manta y Puerto López, fueron obtenidos también del Gestor de Descarga de Información Geográfica dentro del apartado (Sismo 2016-Ecuador) a escala 1: 100.000 (<http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/index.php/sismo-2016/>).

Se recopilaron también imágenes de Google Earth, (2013, 2014, 2016, 2017, 2018) anteriores y posteriores al terremoto 16A, las cuales presentan una resolución horizontal y vertical de 96 ppp, dimensiones de 4800 x 3011 y tipo de pixel (*unsigned integer/8bit*). Con la herramienta Google Earth se pudieron visualizar los acantilados desde distintas perspectivas, obteniendo una visión 3D de los mismos, ya que dispone de imágenes de diferentes épocas, que permiten ir hacia atrás en el tiempo para poder conocer la evolución de una parte determinada de la costa.

## **2.2 Trabajo de campo y procesamiento GIS**

### **2.2.1 Actividades realizadas en campo**

Se realizó un trabajo de campo consistente en 2 salidas de campo en las que se recorrió la zona, para verificar la cartografía y obtener datos de interés que pudieran aportar información adicional.

En la primera salida de campo, se realizó el reconocimiento de la zona de estudio, donde se verificó el acceso, la infraestructura y la condición de cada uno de los acantilados tomados como objetos de estudio.



**Figura 2.2 Reconocimiento de campo de la zona de estudio.**

Durante la segunda salida de campo, se recopiló coordenadas UTM con la utilización de un GPS Garmin, información adicional de cada uno de los acantilados almacenada en una ficha de información y toma de muestras para el reconocimiento de rocas presentes. Además, con ayuda de un Drone Pro GPS6K, se realizaron tomas de video y fotografías aéreas de cada uno de los acantilados, con el fin de ser utilizadas para verificar e identificar la existencia de afectaciones y nuevas estructuras generadas por el sismo 16 A (Figura 2.4).



**Figura 2.3 Reconocimiento de tipo de roca y fotos aéreas.**

En ésta etapa se realizó una descripción más detallada del sistema playa-acantilado, incluyendo datos de localización, ubicación, características geológicas relevantes, tipo de interés asociado, estado de conservación, condiciones climáticas, asociación con atractivos y fotografías completando así la ficha con información descriptiva (Tabla 3.2).

### **2.2.2 Mapa de localización y división de la zona de estudio en GIS**

Al tratarse de una zona amplia se consideró para facilitar el estudio, tomar cinco cantones, donde se eligió uno o dos acantilados representativos de cada uno de ellos. De Norte a Sur son: San Vicente (A), Sucre (B), Portoviejo (C), Manta (D), Puerto López (E). En A se eligió el acantilado de la playa de Canoa, en B el acantilado de la playa Bahía de Caráquez; en C se eligió el acantilado de Crucita; en D están los acantilados de Santa Marianita y San Lorenzo; finalmente, en E se encuentra el acantilado de Los Frailes. Los criterios que se tomaron en cuenta para llevar a cabo dicha división fueron: la accesibilidad, la litología y el relieve del acantilado.

Para la elaboración del mapa de división de tramos, donde se evidencian los puntos correspondientes a los acantilados seleccionados por cada cantón se utilizó la herramienta *ArcGIS*, tomando como base la cartografía digital en formato vectorial correspondiente a provincias y cantones del Ecuador. Para esto, se seleccionó la provincia de Manabí usando la herramienta “*Select Features*” para poder sacarlo del conjunto de provincias exportando los datos en “*Data-Export Data-Shapefile*”. Una vez, obtenida la provincia usando la herramienta “*Clip*” del apartado de *Geoprocessing*, se pudieron obtener solo los cantones que se encuentran dentro del polígono de la provincia.

Además, se agregó la línea de costa que cubre a Manabí y las coordenadas de los puntos correspondientes a los sistemas playa-acantilado de cada uno de los cinco cantones. Para una mejor visualización se utilizó la herramienta

(*Geoprocessing/Buffer*) para poder sectorizar los tramos de análisis, tomando en cuenta 1km de buffer desde línea de costa. Una vez obtenido esos tramos con ayuda de la herramienta (*Geoprocessing/Clip*) se recorta el área de los cantones con el buffer creado, para obtener solamente los kilómetros de la línea de costa hacia el acantilado. Una vez obtenido este mapa se elaboró el *Layout*, donde se agregaron elementos como la leyenda, escala, referencia norte y textos, con el fin de producir un mapa configurado en hoja A1, sentido vertical usando la herramienta “*Export Map*” en formato Jpg o Png.

### **2.3 Elaboración de cartografía geomorfológica mediante fotointerpretación.**

En esta etapa, se realizó la cartografía geomorfológica a partir de la visualización de las fotografías aéreas descritas anteriormente y utilizando como apoyo complementario el visor cartográfico 3D libre de Google Earth. Esta revisión geomorfológica permite obtener una visión global de la misma, identificar los elementos principales y distinguir tramos con diferente morfología y comportamiento en la zona de estudio.

#### **2.3.1 Identificación de elementos geomorfológicos**

La identificación de los principales elementos geomorfológicos en los acantilados se realizó de manera manual, sobre las imágenes recopiladas y las fotografías tomadas en campo. Los elementos reconocidos se agruparon de acuerdo a criterios genéticos como: formas de dinámica litoral, gravedad y fluviales, las cuales se encuentran desglosadas en la Tabla 2.3. Para la identificación y clasificación de las diferentes formas geomorfológicas se han seguido una serie de criterios como: litología, pendiente de la ladera, orientación y curvatura de la ladera.

### 2.3.2 Digitalización de elementos geomorfológicos

La zona cartografiada se limitó al área de 1km que ha sido sometida a la dinámica litoral, donde se planteó determinar los límites de los elementos geomorfológicos. Tras ser identificados se digitalizaron mediante la herramienta *ArcGIS*, ya que, dicha herramienta permite definir mediante puntos, y/o polígonos los diferentes elementos geomorfológicos para obtener un bosquejo final del acantilado con todos sus componentes clasificados (Castillo Campo, 2017).

Para la identificación de los elementos geomorfológicos se utilizaron las curvas de nivel de las zonas a estudiar utilizando la herramienta (*Spatial Analyst Tools/Contour*) con una separación de 50m. Para con eso poder generar los modelos digitales de terreno con un tamaño de celda 4 x 4 pixel, usando la herramienta *Topo to Raster (Spatial Analyst Tools/ Interpolation)*, usando como variable las cotas del terreno. A continuación, para crear el modelo de pendientes MDP, se utilizó el MDE usando la herramienta (*Spatial Analyst Tools/Slope*).

Una vez obtenido el modelo, se reclasificó (*Spatial Analyst Tools/Reclass/reclassify*) en cinco únicas clases según la pendiente (Tabla 2.1).

**Tabla 2.1 Clasificación de valores de pendientes para el análisis geomorfológico.**

Pendientes (°)	Probabilidad
< 10	Bajo
< 30	Medio
< 50	Medio-Alto
< 70	Alto
>70	Muy Alto

Además, mediante la herramienta *Hillshade* de la sección llamada *Raster Surface* de la caja de herramientas *3D Analyst Tools*, se obtuvo el modelo digital de sombreado a partir del MDE. Este nuevo MDT facilita la visión tridimensional del relieve, al representar la superficie en escala de grises. Para la identificación de los diferentes elementos geomorfológicos se han seguido una serie de criterios como: la pendiente de la ladera, cambios bruscos en la topografía, desarrollo de vegetación y líneas cóncavas o convexas en los acantilados. Para la digitalización final se utilizaron como base las imágenes de Google Earth, y mediante polígonos y líneas se reflejan los elementos geomorfológicos identificados Tabla 2.2.

**Tabla 2.2 Elementos geomorfológicos reconocidos en este trabajo con indicación del tipo de representación geométrica en ArcGIS.**

Formas Existentes		Elemento Geomorfológico	Polígonos	Líneas
Dinámica Litoral	<b>Erosión</b>	Plataforma de abrasión	X	
		Acantilado activo	X	
		Escollos	X	
	<b>Depósito</b>	Grietas		X
Gravedad	<b>Erosión</b>	Cicatriz		X
		Ladera con pendiente relictas	X	
		Flujos superficiales	X	
	<b>Depósito</b>	Movimiento complejo	X	
Fluviales	<b>Erosión</b>	Cuenca fluvial	X	

### a) Formas Litorales

Dentro de las formas de la dinámica litoral, se diferenciaron formas de erosión y depósito.

#### i. Formas erosivas

- Las plataformas de abrasión son superficies planas compuestas por el sustrato rocoso situadas aproximadamente al nivel del mar, las cuales se ven afectadas por el oleaje y la marea (Idárraga-García et al., 2011). Debido a la erosión presente por la acción marina, la superficie de la plataforma puede

presentar surcos paralelos en dirección de los agentes erosivos (Santana et al., 2001).

- Los acantilados activos son las zonas donde se muestra evidencias de haber sufrido erosión como la falta de vegetación, depósitos en la base y el desarrollo de flujos superficiales (Toffani et al., 2019).

## ii. Formas de depósito

- Dentro de las formas litorales, en este trabajo se identificaron como escollos aquellos geoformas en las que aparece un promontorio rocoso localizado en la zona intermareal. Corresponden a afloramientos de roca resistentes al embate del oleaje, que afloran por encima del nivel del agua o, en ocasiones, se encuentran ligeramente sumergidos.

## b) Formas de gravedad

Las formas de gravedad son todos aquellos elementos geomorfológicos que se pueden relacionar con algún tipo de movimiento de ladera. En las zonas de acantilados es muy frecuente que se desarrollen movimientos en masa ya que, presentan un nivel de inestabilidad que se produce por diversos factores como la acción del oleaje (Duque, 2017; Rodríguez Pujol, 2011).

## i. Formas erosivas

- Las grietas son las aberturas en el terreno como consecuencia de un movimiento de los materiales del sustrato o por fracturamiento.
- Las cicatrices son las formas que se generan en la parte superior de la ladera cuando tienen algún movimiento en masa. Presentan una forma semicircular y un poco verticalizadas, donde se nota la falta de vegetación (Almazán, 2017).
- Las laderas con pendiente relictas son aquellas partes de los acantilados que presentan una pendiente aproximada  $< 45\%$ , que no muestran

evidencias de haber sufrido movimientos en masa recientes y, además suelen estar recubiertas de vegetación (Chacón, 2012).

## ii. Formas depósito

- Los depósitos de flujos superficiales corresponden a las vertientes donde los suelos han sido afectados por proceso de gravedad (Pou, 2014).
- Los depósitos de movimientos complejos son aquellos donde interactúan movimientos de laderas, y combinan mecanismos como vuelco, flujo, deslizamiento y caída (Duque, 2017).

## c) Formas fluviales

- Las formas fluviales identificadas se asocian a la presencia de cuencas de origen fluvial, considerada como un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que sus aguas dan al mar a través de un río. Se caracteriza por tener poca vegetación (De Andrade Meireles & Rubio, 2016).

### 2.3.3 Evolución general de la costa en la zona de estudio

Con la finalidad de analizar cuál ha sido la evolución de la zona de estudio se llevó a cabo la revisión de la costa y todos sus elementos, mediante las imágenes de los años 2013, 2014, 2017 y 2018 anteriores y posteriores al terremoto 16A. Donde se observó algunos cambios morfológicos en el relieve litoral de la zona de estudio. Además, se obtuvieron las tasas de retroceso en aquellos puntos donde la comparativa entre ambas ortofotografías lo permitía (Domínguez-Cuesta et al., 2020), con la utilización de la herramienta “*measure*” del ArcGis 10.5 y almacenadas en una tabla resumen.

## 2.4 Evaluación semicuantitativa (Método IELIG)

Una vez seleccionados los geositos con interés geomorfológico (geomorfositos) y verificados en campo, se llevó a cabo la evaluación siguiendo la metodología elaborada por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), tomando en consideración la última actualización del 2018 (García-Cortés et al., 2018). Para la evaluación de los geomorfositos, se consideró a un grupo de cuatro expertos en las especialidades geológicas (Geomorfología y Geoturismo), con el fin de identificar las características más importantes y asignar una valoración basada en los parámetros de valor intrínseco y ligados a su potencialidad didáctica y turístico-recreativa, los cuales son ponderados acorde a pesos definidos. De esta forma lograron agruparse y ordenarse en tres colecciones distintas, pero no disjuntas, según su interés científico ( $I_c$ ), didáctico ( $I_d$ ) y turístico-recreativo ( $T_o$ ), para finalmente sacar un promedio tal como se indica en la ecuación 2.1. Los mismos que serán clasificados acorde a tres rangos: Muy Alto ( $> 6.65$ ), Alto ( $3.33- 6.65$ ) y Medio ( $< 3.33$ ).

$$P_{\text{PROM}} = \frac{I_c + I_d + T_o}{3} \quad (2.1)$$

Considerando que el interés científico atiende a la representatividad del geomorfositos, así como también al estado de conservación, condiciones de observación o la diversidad. El interés didáctico justificado por el potencial educativo, accesibilidad, infraestructura logística, condiciones, estado de observación o espectacularidad. Finalmente, el interés turístico relacionado esencialmente por el atractivo o belleza de la localidad y, en segundo plano, considera su contenido y uso divulgativo. También, incluye otros factores como la accesibilidad, asociación con elementos naturales, condiciones de observación y proximidad a zonas recreativas. Otro parámetro a considerado es la susceptibilidad de degradación ( $SD$ ), donde toma en cuenta parámetros como tamaño del LIG ( $E_F$ ), fragilidad ( $F$ ) y su vulnerabilidad natural ( $V_N$ ) o por causas antrópicas ( $V_A$ ). La fragilidad como parámetro evalúa lo que hace del

geomorfosio un lugar alterable por características intrínsecas como la litología, meteorización y el tectonismo asociado. La vulnerabilidad natural, busca evaluar la posibilidad de alteración ante procesos naturales que lo afectan, ocasionando un deterioro que puede ser intenso cuanto más frágil sea éste. Los valores obtenidos se encontrarán dentro de los siguientes rangos: Bajo (< 0.75), Medio (0.75-1.5), Alto (1.5-3.5) y Muy Alto (> 3.5).

Por otro lado, la vulnerabilidad por causas antrópicas ( $V_A$ ) definida como un factor que evalúa la posibilidad de alteración de un geomorfosio por efecto de amenazas de la actividad humana. Desde el punto de vista de la conservación la susceptibilidad de degradación indica que mientras la fragilidad y las amenazas naturales escapan en gran medida a posibles actuaciones de mitigación, la identificación de las amenazas antrópicas y su cuantificación orientan la adopción de medidas de protección adecuadas. Para obtener la vulnerabilidad por causas naturales se relaciona el factor tamaño con las amenazas naturales, tal como indica la ecuación (2.2).

$$V_N = F * A_N \quad (2.2)$$

Para estimar la vulnerabilidad por amenazas antrópicas, fue necesario considerar la vulnerabilidad ( $V_u$ ) desglosada en vulnerabilidad por interés minero ( $V_{UM}$ ), por interés para colecciones y posibilidad de expolio ( $V_{UEX}$ ), por cercanía a infraestructuras ( $V_{UI}$ ) y por antrópico general ( $V_{UAG}$ ). Una vez obtenidas, se las relacionó con el factor del tamaño ( $E_F$ ), para obtener como resultado la susceptibilidad de degradación por causa antrópica ( $S_{DA}$ ) como indica la ecuación (2.3), con valores que están dentro de los rangos: Bajo (< 0.5), Medio (0.5-1), Alto (1-2.5) y Muy Alto (> 2.5). A su vez, usando ecuación (2.4) se relaciona el factor de amenazas naturales ( $A_N$ ), para obtener la susceptibilidad de degradación por causas naturales ( $S_{DN}$ ).

$$S_{DA} = E_F * V_{UA} = E_F * (V_{UM} + V_{UEX} + V_{UI} + V_{UAG}) \quad (2.3)$$

$$S_{DN} = E_F * V_{UN} = E_F * F * A_N \quad (2.4)$$

Una vez evaluados los intereses y la susceptibilidad de degradación fue posible conocer el riesgo de degradación ( $R_D$ ), considerado como un factor que combina la susceptibilidad de degradación con su valor, midiendo el daño potencial sobre el patrimonio geológico en función de la magnitud de las consecuencias de la degradación. Para esto, se relacionaron los valores obtenidos en los intereses para cada geomorfosito junto a su susceptibilidad de degradación asociada a tanto amenazas naturales como la antrópica como se evidencia en las ecuaciones(2.5 y 2.6), de donde se obtiene el valor máximo.

$$R_{DNC} = \frac{1}{10} I_C * S_{DN}$$

$$R_{DND} = \frac{1}{10} I_D * S_{DN} \quad (2.5)$$

$$R_{DNT} = \frac{1}{10} T_O * S_{DN}$$

$$R_{DN} = \text{MAX} (R_{DNC}, R_{DND}, R_{DNT})$$

$$R_{DAC} = \frac{1}{10} I_C * S_{DN}$$

$$R_{DAD} = \frac{1}{10} I_D * S_{DN}$$

$$R_{DAT} = \frac{1}{10} T_O * S_{DN}$$

(2.6)

$$R_{DA} = \text{MAX} (R_{DAC}, R_{DAD}, R_{DAT})$$

El objetivo de evaluar este parámetro fue conocer la degradación del lugar y sus consecuencias, indicando la necesidad o prioridad de protección que necesita ese lugar. Por otro lado, para poder adoptar posibles medidas de geoconservación, no solo se buscó considerar el riesgo de degradación por amenazas antrópicas, sino también por amenazas naturales, y en este último caso, si influye de manera determinante o no la vulnerabilidad intrínseca del lugar.

Finalmente, la ventaja de utilizar esta metodología, radica en que permite disponer de conjuntos distinguibles de lugares con valor científico, didáctico o recreativo-turístico, ordenados de mayor a menor grado de interés. Ayudando a facilitar el aprovechamiento práctico del inventario por parte de potenciales usuarios y guiar a gestores no expertos sobre el valor de un lugar y la consideración de sus características. Ello permite priorizar posibles actuaciones de uso o de conservación.

## **2.5 Planteamiento de estrategias geoturísticas**

La última década ha sido testigo de una acelerada evolución en relación con la geoconservación, fundamentada en la consideración de algunos elementos del medio geológico como parte del patrimonio y la diversidad natural. Esta tendencia está contribuyendo de modo decisivo a la observación del patrimonio geológico, no sólo como un recurso científico o educativo, sino también económico.

Debido a esto, se realizó una visita de asesoramiento al Geoparque Montañas do Courel, donde se desarrolló la sesión científica 71 de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico, que permitió conocer los criterios que se deben seguir para la adecuación de geositios y creación de georutas en ambientes litorales. Una vez conocidas las georutas del proyecto, se pudo observar cada una de las adecuaciones que se realizaron para la visita de turistas. Para esto se pudo evidenciar la existencia de atriles y paneles informativos de madera que cuentan con información turística y geológica que permiten a los turistas poder entender el significado de lo que observan. Gracias a esta visita se plantea considerar a esta como una de las estrategias a aplicar en los acantilados de Manabí. Con esta estrategia lo que se busca es aprovechar las características geológicas que asociadas a las prácticas recreativas, generar diversos modelos de implantación y transformación de estructuras territoriales, sociales y económicas. Para el acondicionamiento turístico de un espacio litoral se exige la puesta en valor del recurso natural y origina la construcción de

equipamiento específico para brindar servicios de alojamiento, restauración, transporte y recreación, así como servicios complementarios para la prestación turística e infraestructura de base a fin de asegurar la accesibilidad al sitio (Figura 2.4).



**Figura 2.4 Salida de campo Geoparque Montañas do Courel.**

Teniendo en cuenta la información adquirida se procedió a formar un grupo focal, para la elaboración de un análisis (FODA) de los acantilados, con el fin de poder conocer en qué estado se encuentran y qué medidas se pueden proponer para valorizarlos y promoverlos. Donde una de las estrategias que más efectivas fue proponer una georuta de los geomorfositos analizados que permita conocer las características geológicas que deben ser aprovechadas como elementos que impulsen el turismo y permitan mejorar el sector económico de la provincia.

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

A continuación, se exponen y discuten los resultados obtenidos en este trabajo.

### 3.1 Mapa de localización de sistemas playa-acantilado.

Como primer resultado se desarrolló un mapa de localización de los sistemas playa-acantilado seleccionados en cada uno de los cinco cantones objetos de estudio, utilizando las coordenadas UTM, obtenidas en las salidas de campo realizadas (Tabla 3.1). Se incluyeron en este mapa (Figura 3.1), los sitios seleccionados (acantilados) junto con datos de las playas donde están y el cantón en el que se encuentran.

**Tabla 3.1 Coordenadas de acantilados seleccionados.**

Nombre del acantilado	Coordenadas UTM	
	X	Y
Canoa	560181	9949611
Bahía de Caráquez	560560	9931286
Crucita	550596	9902153
Santa Marianita	519287	9894166
San Lorenzo	510567	9879171
Los Frailes	523084	9835138

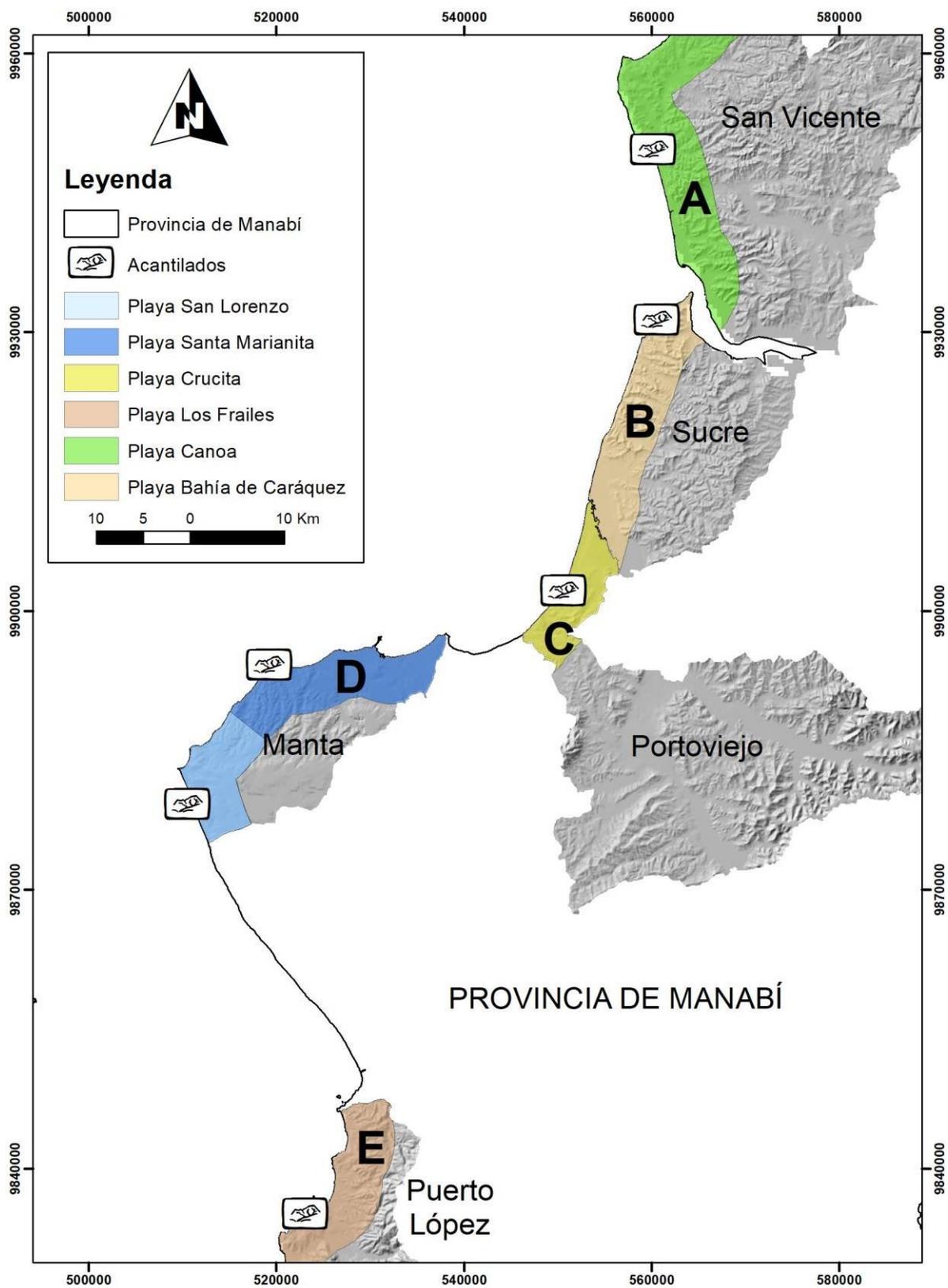
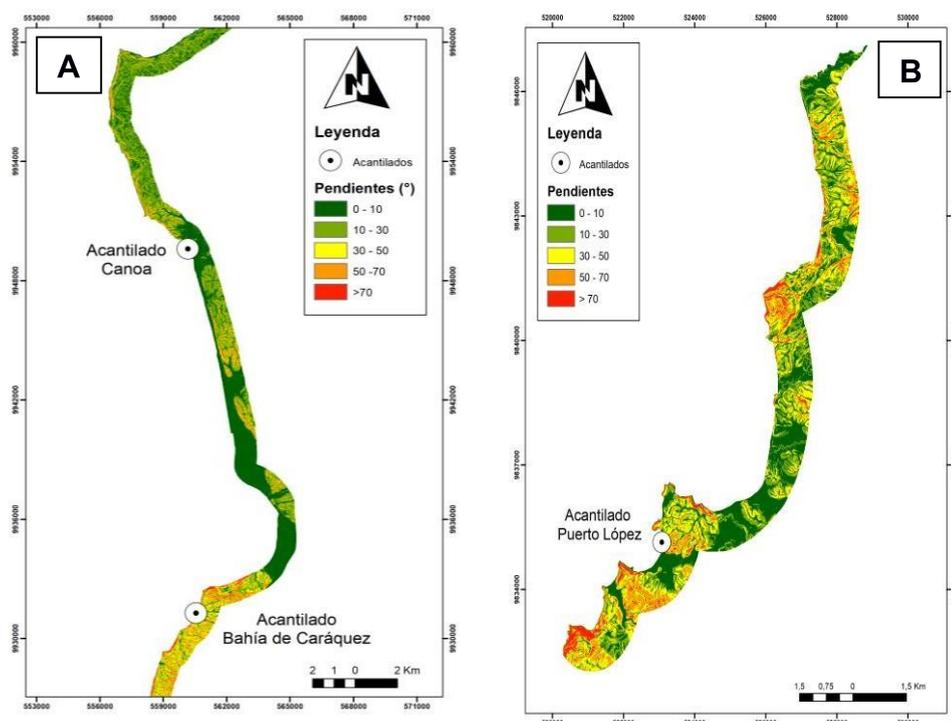


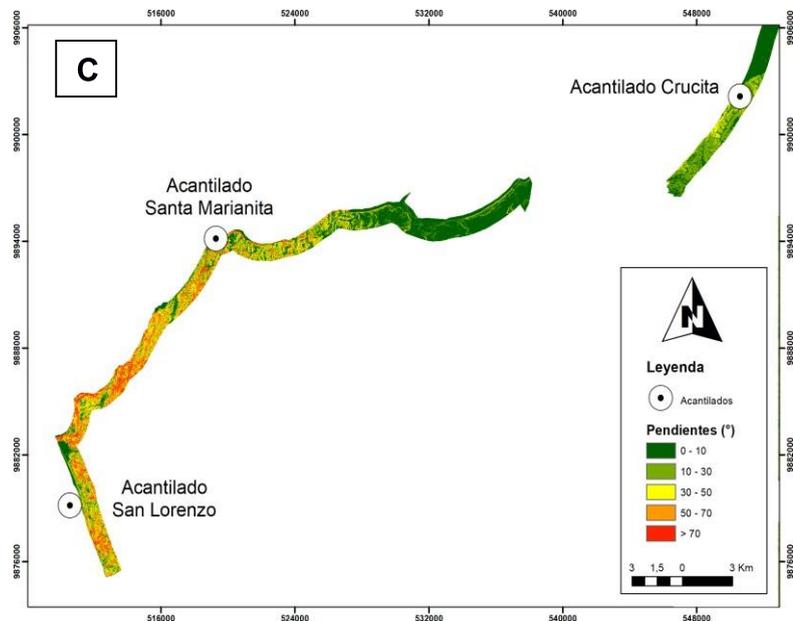
Figura 3.1 Mapa de localización de sistemas playa-acantilado.

### 3.2 Digitalización de elementos geomorfológicos

A continuación, se exponen los mapas geomorfológicos de los acantilados estudiados. Además, un apartado del análisis de los modelos de evolución por procesos geomorfológicos realizados.

Para llevar a cabo la realización del mapa geomorfológico se atendieron a las características explicadas en el apartado de metodología. El análisis de los MDT ha permitido describir características de los elementos identificados y la pendiente asociada al tipo de elemento. Con el MDP se pudo diferenciar aquellas zonas abruptas con mayor probabilidad de inestabilidad  $> 50^\circ$  y posibilidad de deslizamientos. En los tramos de la zona de estudio se determinaron que los valores más bajos de pendientes identificados son ( $0^\circ$  a  $10^\circ$ ) correspondientes a zonas denominadas plataformas de abrasión. Los valores medios de pendiente ( $30^\circ$  a  $50^\circ$ ) corresponden a las superficies ocupadas por las “laderas en equilibrio”. En cuanto a las pendientes de mayor inclinación ( $50^\circ$  a  $70^\circ$ ), se restringen a acantilados activos (Figura 3.2).





**Figura 3.2 Distribución de las pendientes en las áreas de estudio. A) Cantón San Vicente y Sucre. B) Cantón Puerto López. C) Cantón Portoviejo y Manta.**

En este trabajo se han logrado identificar elementos geomorfológicos diferentes, que se pueden agrupar en tres grupos genéticos principales: formas de dinámica litoral, gravedad y fluviales. Todos ellos se han dividido en formas de erosión y depósito.

#### Dinámica Litoral: Formas erosivas

##### **1. Plataforma de abrasión**

La unidad geomorfológica denominada plataforma de abrasión se ha localizado en diversos puntos de la zona de estudio. Es considerada como aquel sustrato rocoso horizontal o de muy baja pendiente ( $1-2^\circ$ ) plano que ha sido afectado por el oleaje. En este trabajo se ha localizado plataforma emergida durante la marea y a la vista en el momento en que se realizó la fotografía aérea (Figura 3.3).

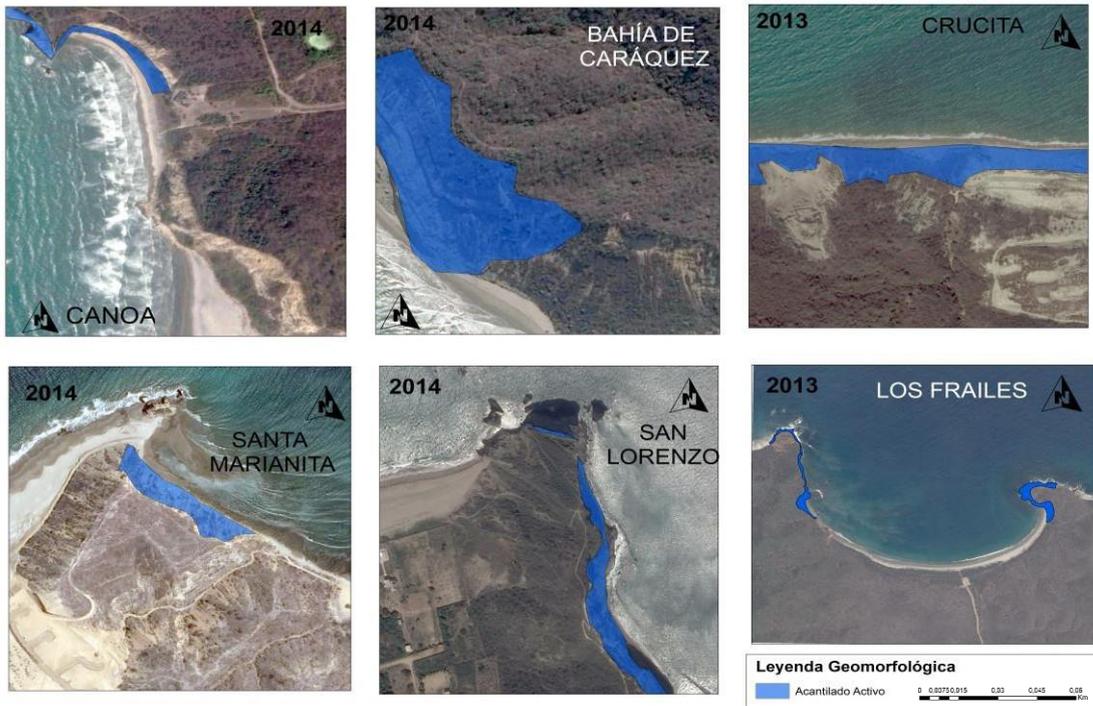


**Figura 3.3** Tramos de plataforma de abrasión en la costa objeto de estudio.

## 2. Acantilado activo

Otro elemento asociado a la dinámica litoral recogido en la cartografía es el acantilado, considerando activo, es decir hasta donde llega la actividad marina actual.

La parte de acantilado activo se divide según la génesis y la morfología. Donde según la génesis está compuesta de todos aquellos espacios que ocupan toda la extensión, desde la parte superior coincidiendo con el nivel de la rasa, dando lugar a acantilados con escasa vegetación. Un ejemplo de ello se puede observar en el acantilado de Canoa, San Lorenzo, Los Frailes y Santa Marianita. Por morfología se ve afectada ya que, por encima de ellos suelen haberse desarrollado laderas en equilibrio, movimientos complejos o flujos superficiales. Un ejemplo de ello el acantilado de Crucita y Bahía de Caráquez (Figura 3.4).

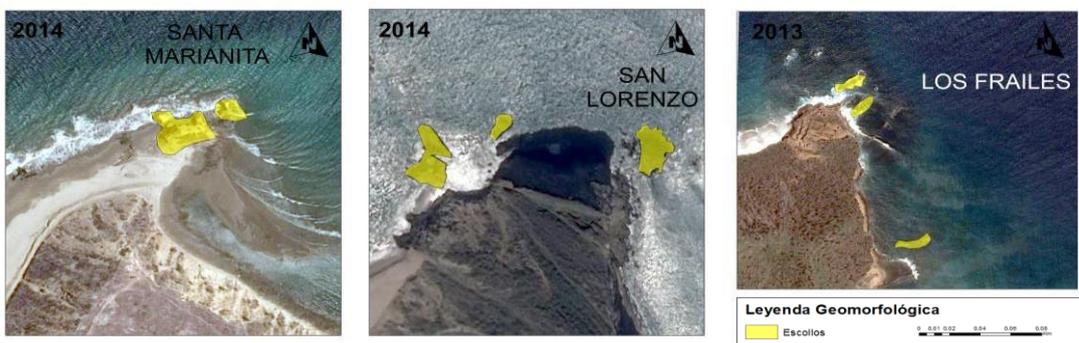


**Figura 3.4** Tramos de acantilado activo en la costa objeto de estudio.

✚ Dinámica Litoral: Formas de depósito

### 3. Escollos

Estas unidades geomorfológicas corresponden a promontorios rocosos localizados en la zona intermareal. Aparecen en evidencia en algunos de los tramos estudiados como: Santa Marianita, San Lorenzo y Los Frailes (Figura 3.5).



**Figura 3.5** Presencia de escollos en acantilados de Manabí.

#### ✚ Formas de Gravedad: Formas erosivas

Dentro de este grupo se encuentran las cicatrices, grietas y laderas con pendiente relicta.

#### 4. Laderas en equilibrio

Las laderas en equilibrio ocupan una superficie superior a la de los acantilados activos (Figura 3.6). Son áreas con pendientes  $< 50^\circ$  y con presencia de vegetación.



Figura 3.6 Tramos de ladera en equilibrio en los acantilados objetos de estudio.

## 5. Cicatrices

Las cicatrices están presentes en todos los acantilados, están asociadas a la presencia de masas deslizadas. Además, fue posible reconocerlas asociadas a antiguos movimientos de los que ya no se conserva la masa deslizada. En algunos acantilados la vegetación no permite identificar con claridad la localización de este tipo de estructuras, por ello se ha utilizado el modelo de elevación como apoyar su identificación (Figura 3.7).



Figura 3.7 Tramos de cicatrices en los acantilados objeto de estudio.

## 6. Grietas

También se han podido evidenciar grietas que hacen referencia a ciertas inestabilidades incipientes que provocan aberturas en el terreno, como consecuencia del movimiento de los materiales del sustrato. En el acantilado de Crucita, debido a la falta de vegetación, se han podido identificar grietas (Figura 3.8).

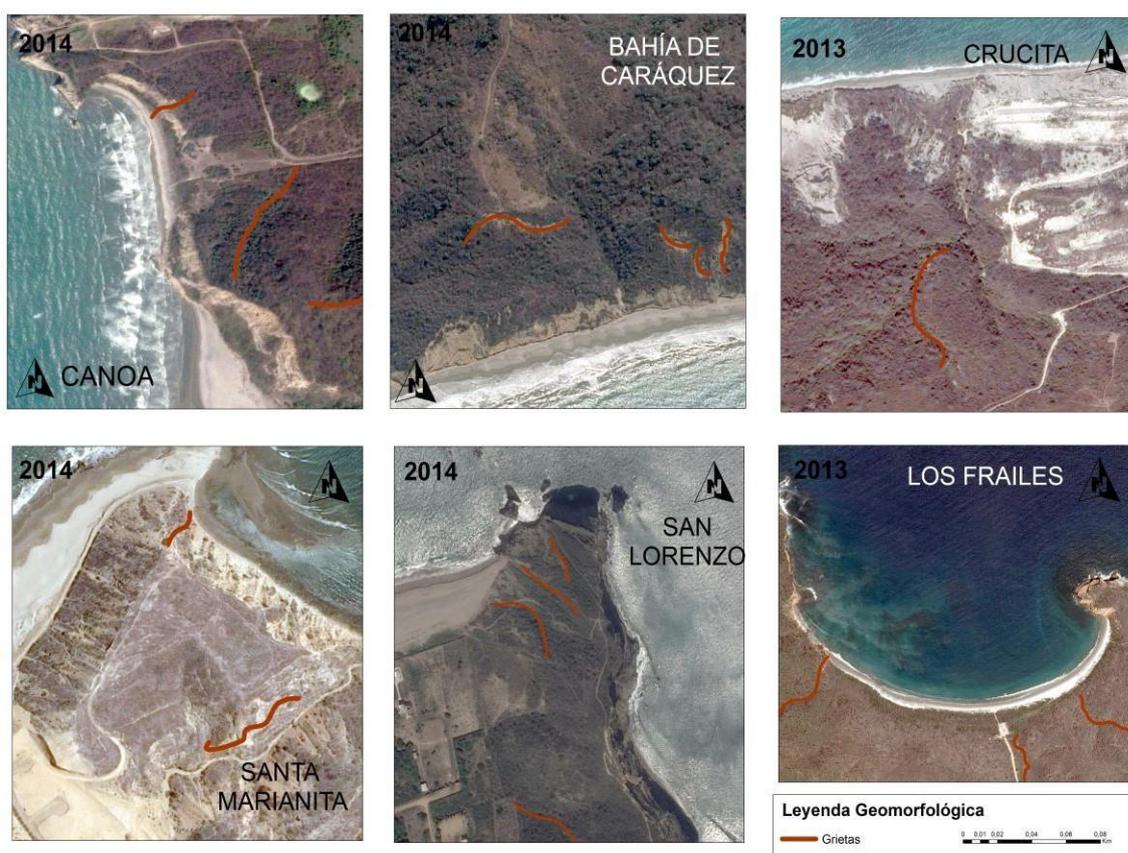


Figura 3.8 Tramos de grietas en los acantilados objeto de estudio.

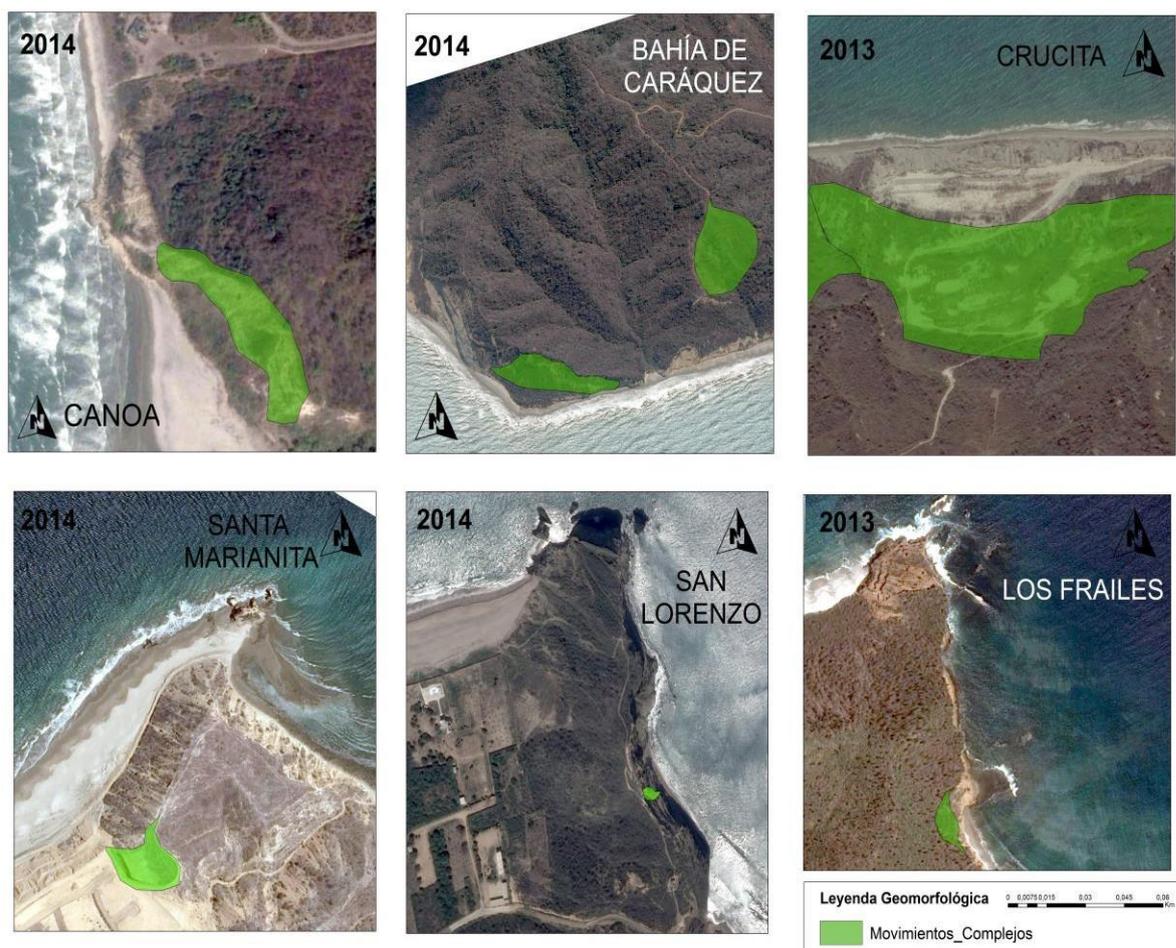
✚ Formas de Gravedad: Formas de depósito

## 7. Movimientos Complejos

En los seis acantilados estudiados se han podido cartografiar elementos de diversos tamaños correspondientes a la unidad geomorfológica denominada movimientos complejos.

Se reconocieron en la zona por tener una superficie en la que no aflora la roca, sino que se observa un recubrimiento poco consolidado, con evidencias de haber movilizadado y sin presencia de vegetación. En las imágenes de Google Earth y en campo se han podido reconocer estos elementos, identificando la existencia de masas desplazadas y presencia de cicatrices definidas. También ha sido posible reconocer áreas de la costa con desprendimientos que, debido a la escala de este trabajo, no se han representado en el mapa.

En acantilados como Canoa, Bahía de Caráquez y Crucita se han identificado movimientos o áreas con deslizamientos de 1222, 2213 y 813 m<sup>2</sup> con cicatrices bien diferenciadas (Figura 3.9).



**Figura 3.9 Tramos de movimientos complejos en los acantilados objetos de estudio.**

## 8. Flujos superficiales

Esta unidad geomorfológica viene asociada a la presencia de movimientos complejos, ya que en los acantilados donde se han identificado existe material deslizado, el cual han sido depositado en las zonas más bajas del acantilado. En muchos casos el desarrollo de estos movimientos por gravedad a generado ciertas grietas en la zona, indicando que la ladera está activa, es decir, que hay alta probabilidad de que progrese mediante algún tipo de movimiento en masa. Los bloques involucrados en el movimiento de flujo son de origen mixto (marinoy gravedad). El tamaño es variado desde pequeños bloques de 15 cm hasta de 50 cm, los cuales se encuentran más alejados del pie del acantilado. Se pudo evidenciar que, en ciertos lugares donde el oleaje ha incidido más, los depósitos son de tamaños más pequeños (10 cm), lo que hace pensar que, aunque el origen de los bloques se asocie con los procesos de gravedad, su evolución posterior está influida en la dinámica litoral (Figura 3.10).

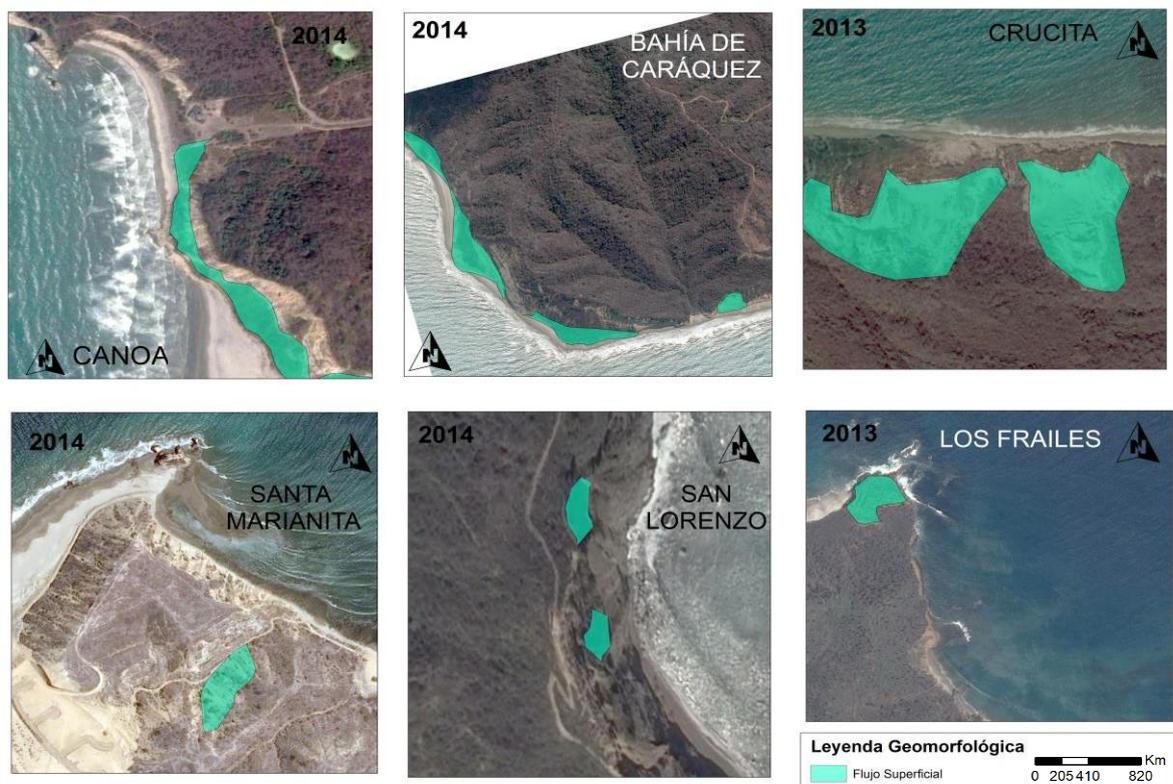
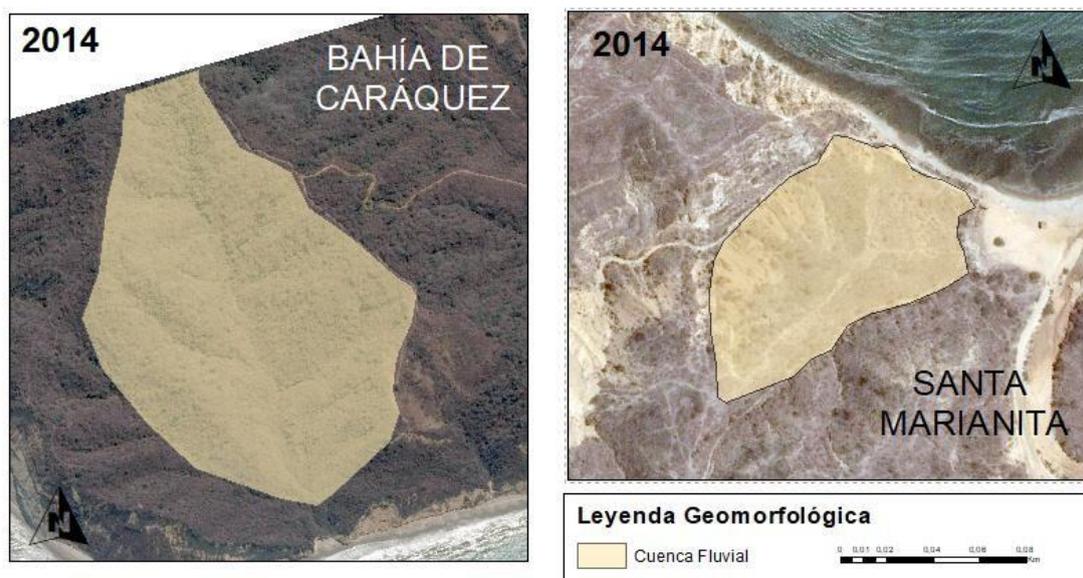


Figura 3.10 Tramos de flujo superficial en los acantilados objetos de estudio.

## 9. Cuenca Fluvial

En este último grupo se incluyen los elementos geomorfológicos de origen fluvial. En las imágenes se muestran las cuencas hidrográficas de cauces fluviales de poca entidad (en su mayoría de orden 2). Según (Strahler, 1957) en los que la vegetación ha alcanzado un desarrollo importante en comparación con el entorno. Se han podido identificar dos cuencas fluviales cuya zona de cabecera se encuentra muy próxima a la desembocadura (Figura 3.11).



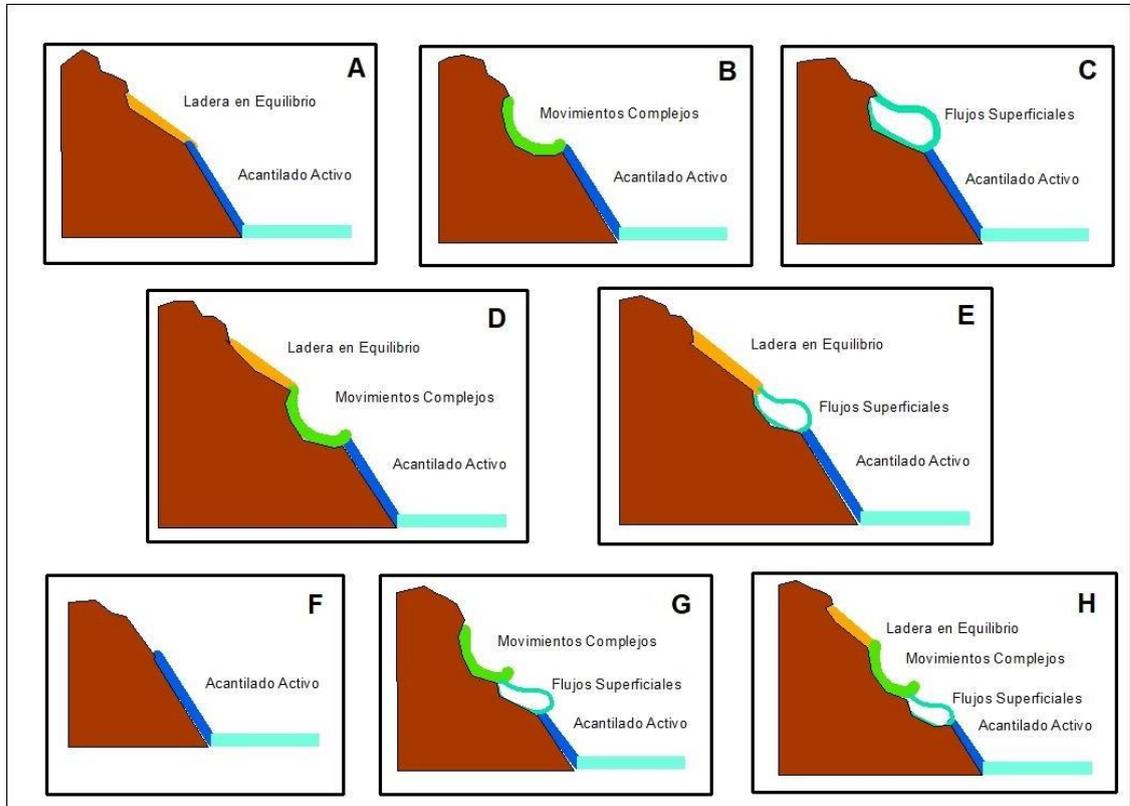
**Figura 3.11 Cuencas hidrográficas de orden 2 (Strahler, 1957) en dos de los tramos objeto de estudio.**

Posterior a la identificación, se elaboró una tabla analítica donde se recogen los valores de longitud y superficie de los elementos cuantificados como parte de la cartografía geomorfología de los acantilados seleccionados. Los parámetros están presentados en metros, para aquellos que son elementos lineales como cicatriz y grietas, y m<sup>2</sup> para los polígonos que son acantilado activo, plataforma de abrasión, flujo superficial, movimientos complejos, ladera con pendiente relictas y cuencas fluviales (Tabla 3.2).

**Tabla 3.2 Datos de longitud y superficie de las diferentes formas reconocida en la cartografía geomorfológica.**

Elemento Geomorfológico	Canoa		Bahía de Caráquez		Crucita		Santa Marianita		San Lorenzo		Los Frailes	
	2014	2018	2014	2018	2013	2017	2014	2018	2014	2018	2013	2017
Plataforma de abrasión (m <sup>2</sup> )	74	57	56	-	-	80	120	82	1145	3131	215	176
Acantilado activo (m <sup>2</sup> )	694	534	5014	3668	621	457	839	780	6788	5144	567	767
Escollos (m <sup>2</sup> )	-	-	-	-	-	-	47	45	64.30	67.50	43	40
Grietas (m)	190.50	191.06	89	95	97	92.8	150	135	926	967	120	145
Cicatriz (m)	-	-	29	47.7	46.77	92.8	96	108	-	-	50	62
Ladera con pendiente relictas (m <sup>2</sup> )	121	775	3090	2565	1554	1035	1300	1190	6162	7152	135	123
Flujos superficiales (m <sup>2</sup> )	2381	4331	1674	3996	743	1052	1257	5003	32	51.70	265	280
Movimiento complejo (m <sup>2</sup> )	1222	424	2213	4124	813	596	300	345	26.50	-	473	677
Cuenca fluvial (m <sup>2</sup> )	-	-	16914	17653	-	-	747	856	-	-	-	-

Para una mejor comprensión de la cartografía se han construido modelos conceptuales acordes a la actividad de los procesos de gravedad identificados que ilustran las diferentes situaciones geomorfológicas (Figura 3.12).

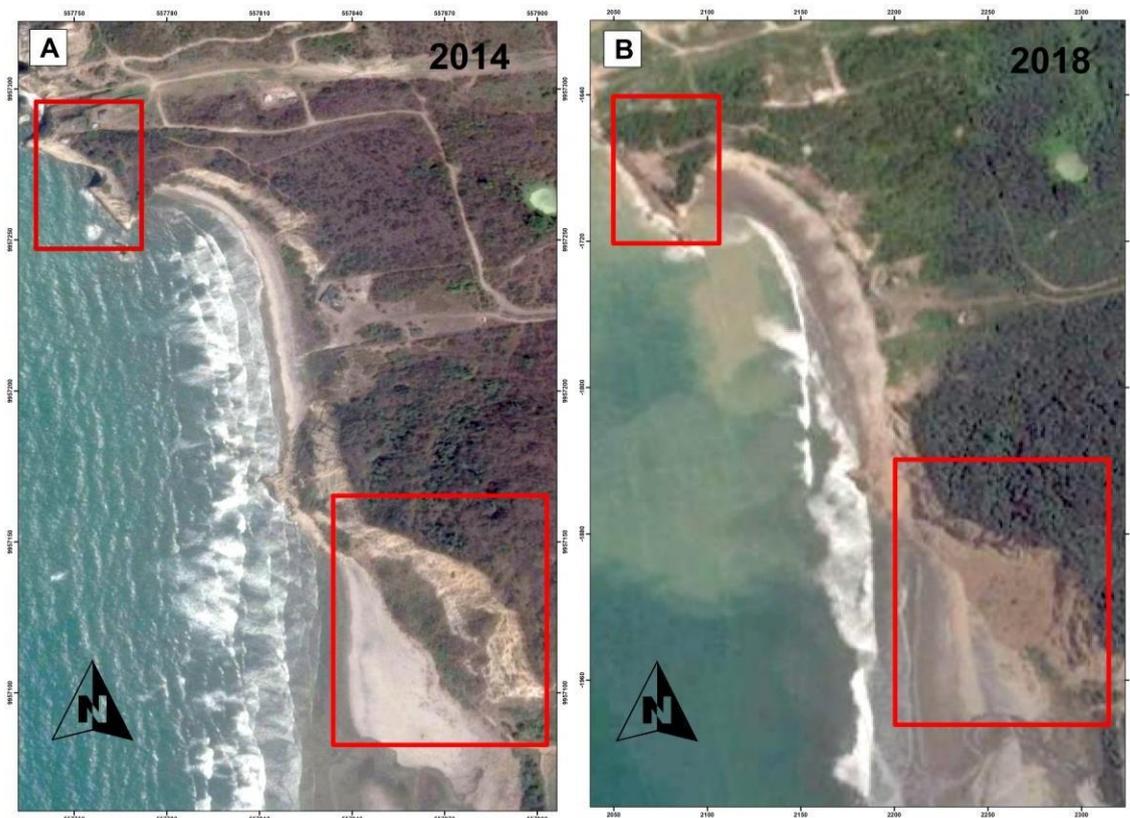


**Figura 3.12 Modelos conceptuales de los distintos elementos geomorfológicos identificados en los acantilados.**

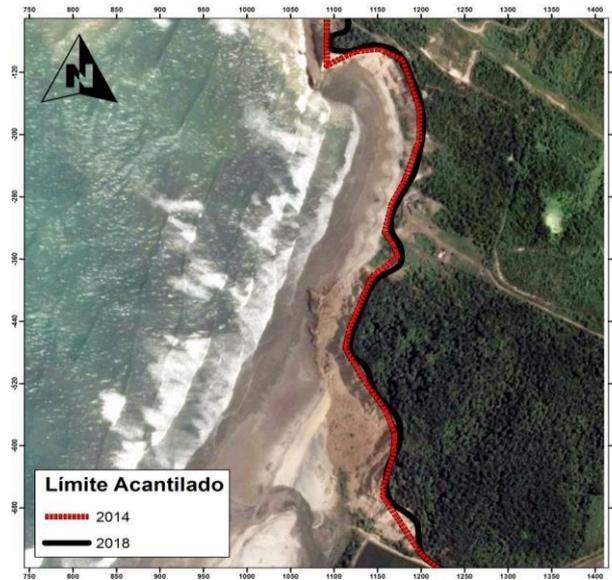
### 3.2.1 Evolución general de la costa en la zona de estudio.

Con el objetivo de analizar cuál ha sido la evolución de la costa en la zona de estudio se procedió a comparar imágenes de los acantilados del período de años (2013-2018) correspondientes a los años anteriores y posteriores al sismo 16A. En aquellas áreas donde fue posible establecer la comparación, se calcularon tasas de retroceso del acantilado.

Para el acantilado de Canoa se comparó la imagen del año 2014 con la del 2018 (Anexo 1). Esta comparación permitió encontrar una zona de movimientos complejos producto del debilitamiento del terreno, que ha dado lugar a flujos superficiales que llegan a afectar hasta la parte baja del acantilado. Además, se observa que existe ausencia de vegetación en el 2018 (Figura 3.13). En cuanto al retroceso la distancia mínima obtenida es de 1.3m y la máxima de 3.05m, dando como resultado un promedio anual de 0.76m/año, como tasa máxima de retroceso. Dado el caso de la diferencia de 4 años, no se puede discernir si el cambio se dio en un solo año o fue proporcional (Figura 3.14).



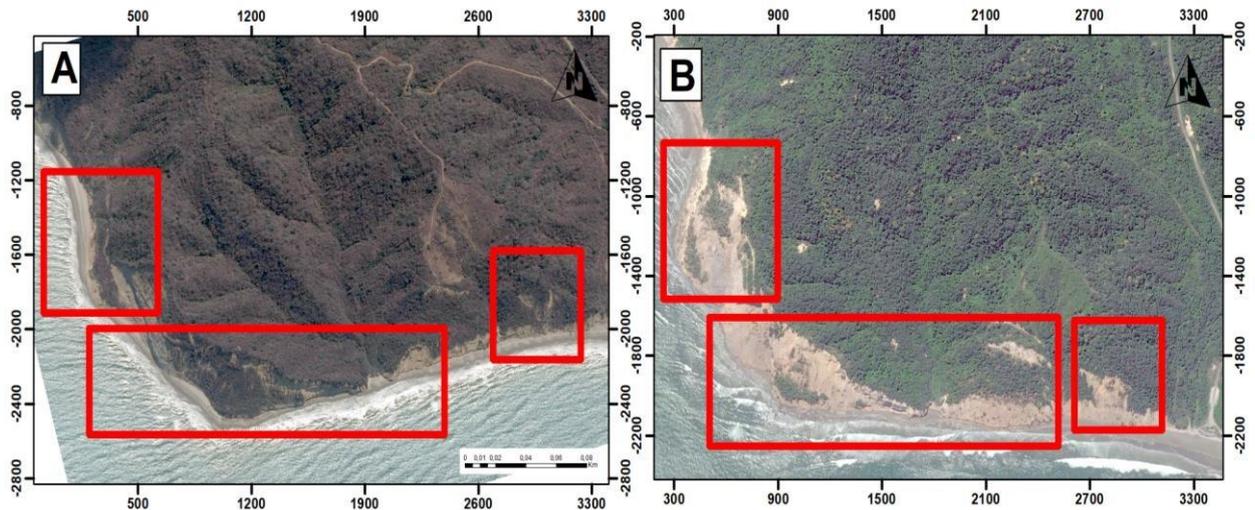
**Figura 3.13 Detalle del acantilado Canoa en el que se muestra cambios entre 2014 y 2018. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de un movimiento complejo (cuadrado noroeste) y flujo superficial (cuadrado sureste).**



**Figura 3.14 Comparación del límite del acantilado Canoa en el año 2014 y 2018.**

En el acantilado de Bahía de Caráquez se compararon imágenes del año 2014 y 2018 (Anexo 2). Esta comparación pudo evidenciar que para el año 2014 existen elementos geomorfológicos que se ubicaron acorde a los modelos F (lado noreste y sureste) y G (lado frontal) (Figura 3.12). El modelo F que representa un perfil costero en el que no hay actividad por procesos de gravedad ni se evidencia la rasa, solamente un tramo del acantilado activo. Bajo este modelo se observa la presencia de flujos superficiales que han cedido a lo largo del tiempo, debido a procesos relacionados con la erosión y aumento de oleaje. El modelo G representa un perfil litoral con movimientos en masa complejo, que posteriormente generaron flujos superficiales que se localizan en la base.

Para el año 2018, se evidenció que la zona de acantilado activo cedió un poco más con el paso del tiempo evidenciando que los flujos superficiales que existen abarcan mayor territorio y un movimiento complejo producto de la erosión que puede estar asociada al aumento del oleaje debido al sismo 16A que ha dado origen a una cicatriz y grietas que se encuentra cartografiada (Figura 3.15). La distancia de retroceso mínima es de 1.15m y máxima 3.55m. La tasa máxima de retroceso del acantilado en esta zona es de 0.89 m/año (Figura 3.16).



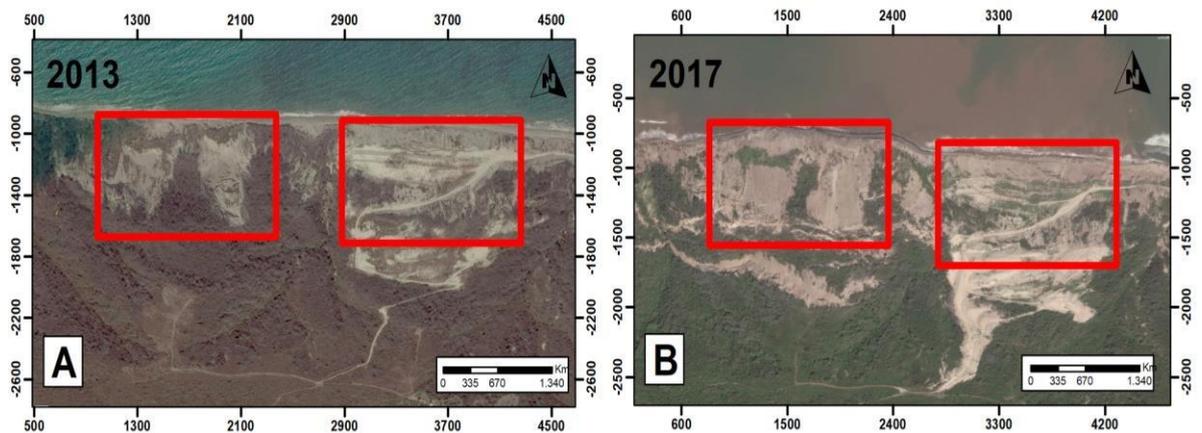
**Figura 3.15 Detalle del acantilado Bahía de Caráquez en el que se muestra cambios entre 2014 y 2018. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de un movimiento complejo (cuadrado noreste) y flujo superficial (cuadrado sureste y frontal).**



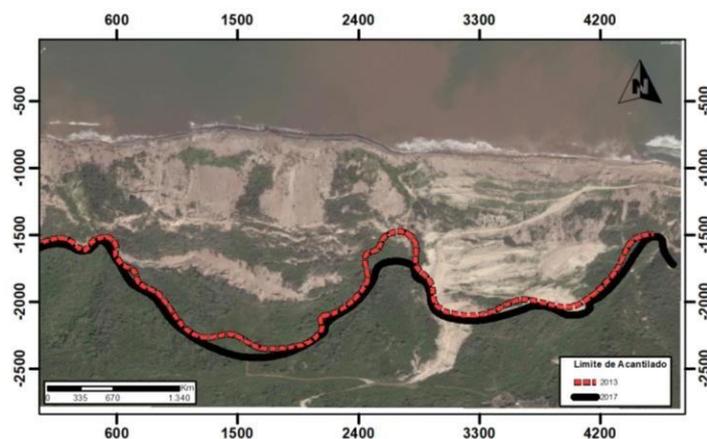
**Figura 3.16 Comparación del límite del acantilado Bahía de Caráquez en el año 2014 y 2018.**

En el acantilado de Crucita se han comparado imágenes del año 2013 y 2017 (Anexo 3). El análisis puso en evidencia que para el año 2013 se ha podido identificar el modelo H que representa un perfil de gran complejidad, pues agrupa en un mismo caso todas las variantes de ladera. Así, la ladera se encuentra expuesta junto a un movimiento complejo asociado a una erosión latente que provoca flujos superficiales que afectan al acantilado activo. Sin embargo, para el año 2017 los flujos superficiales han aumentado en superficie debido a la subida del oleaje presentado luego del sismo 16A. Esto ha generado que varios bloques de roca se encuentren acumulados al pie del acantilado de

forma abundante. Además, se pone de manifiesto la presencia de una plataforma de abrasión. Este proceso ha ocasionado algunas cicatrices y grietas que se encuentran cartografiados (Figura 3.17). La distancia mínima de retroceso registrada es de 1.88m y la máxima es de 4m. La tasa de retroceso es 1 m/año (Figura 3.18).



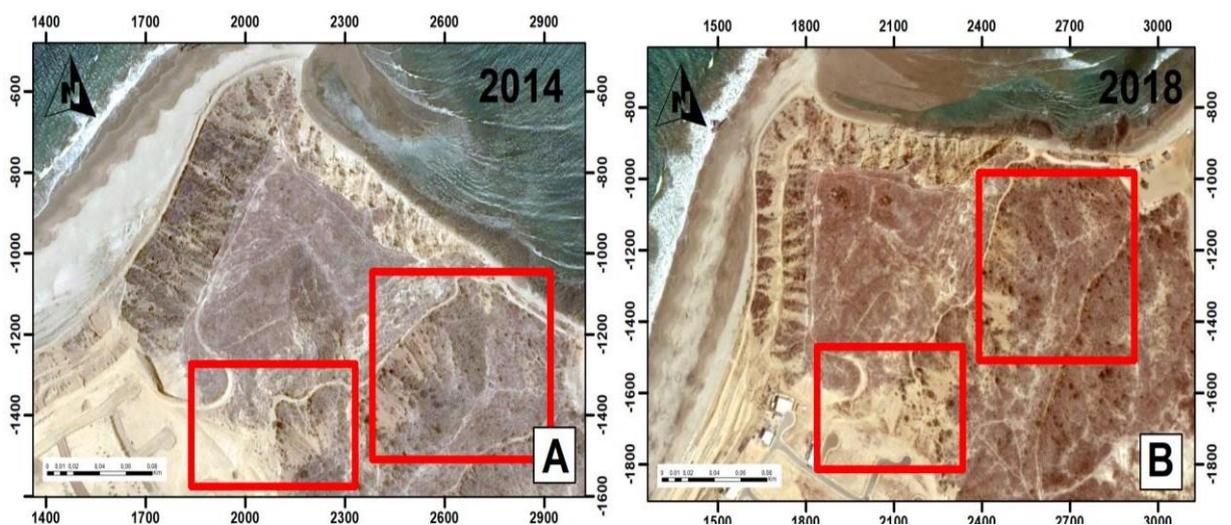
**Figura 3.17 Detalle del acantilado Crucita en el que se muestra cambios entre 2013 y 2017. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de flujos superficiales (cuadrado noreste y sureste).**



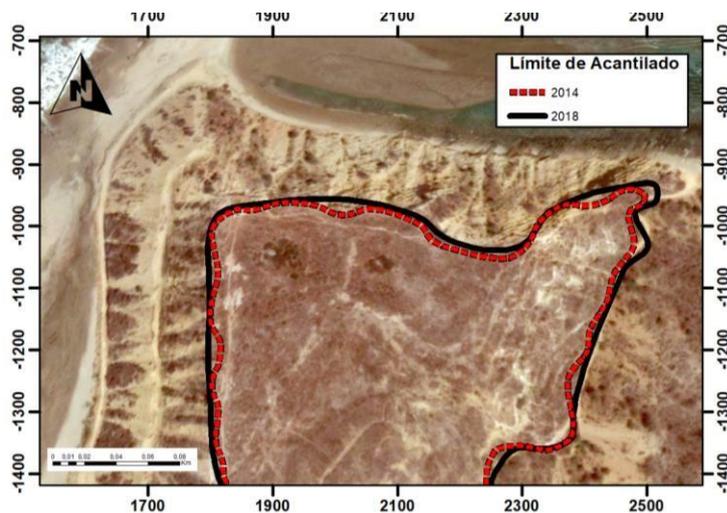
**Figura 3.18 Comparación del límite del acantilado Crucita en el año 2013 y 2017.**

En el acantilado de Santa Marianita se compararon las imágenes de los años 2014 y 2018 (Anexo 4). En el 2014 se han podido identificar los modelos sinópticos el A y F (Figura 3.12). El A representa un emplazamiento sencillo

pues está conformado por una ladera en equilibrio retrabajada por acción del oleaje. El F representa un perfil donde no hay actividad por procesos de gravedad conformado únicamente un tramo de acantilado activo. En ambos años se evidenció la existencia de algunos elementos geomorfológicos, donde la presencia de movimientos complejos no varía, pero ocasiona una serie de flujos superficiales que aparecen en el 2014 pero se presentan en mayor tamaño en el 2018. Indicando que mayor cantidad de material cedió y se encuentra en la base del acantilado abarcando parte de la cuenca hidrográfica. Otra característica importante de este acantilado es que la plataforma de abrasión aparece en mayor tamaño y superficie, lo que probablemente sería gracias a que la línea de costa ha retrocedido (Figura 3.19). La distancia mínima de retroceso es 1.24m y la máxima de 2.10 m. La tasa de retroceso es de 0.53 m/año (Figura 3.20).



**Figura 3.19 Detalle del acantilado Santa Marianita en el que se muestra cambios entre 2014 y 2018. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de flujos superficiales (cuadrado noreste) y movimientos complejos (cuadrado sureste).**



**Figura 3.20 Comparación del límite del acantilado Santa Marianita en el año 2014 y 2018.**

En el acantilado de San Lorenzo se compararon las imágenes de los años 2014 y 2018 (Anexo 5). Se han identificado dos modelos de perfiles A y F (Figura 3.12), donde el A ubicado al costado sureste representa una ladera en equilibrio que se ha visto modificada con el paso del tiempo. El F ubicado al costado noreste representa que no hay actividad por procesos de gravedad, conformado por un gran tramo de acantilado activo (Figura 3.21). El cambio más notorio evidenciado en el 2018 es el aumento de la ladera en equilibrio, notado por la pérdida de vegetación. En otro lado del acantilado los flujos superficiales se hicieron presente notándose material en la base del acantilado. Además, la plataforma de abrasión que existía en el 2014 se ve incrementada en el 2018, debido a que la línea de costa ha disminuido por lo que ha aflorado notablemente (Figura 3.22). Analizando la distancia de retroceso la mínima alcanzada es de 2.88m y la máxima de 3.33 m. La tasa de retroceso asociada es de 0.83 m/año.

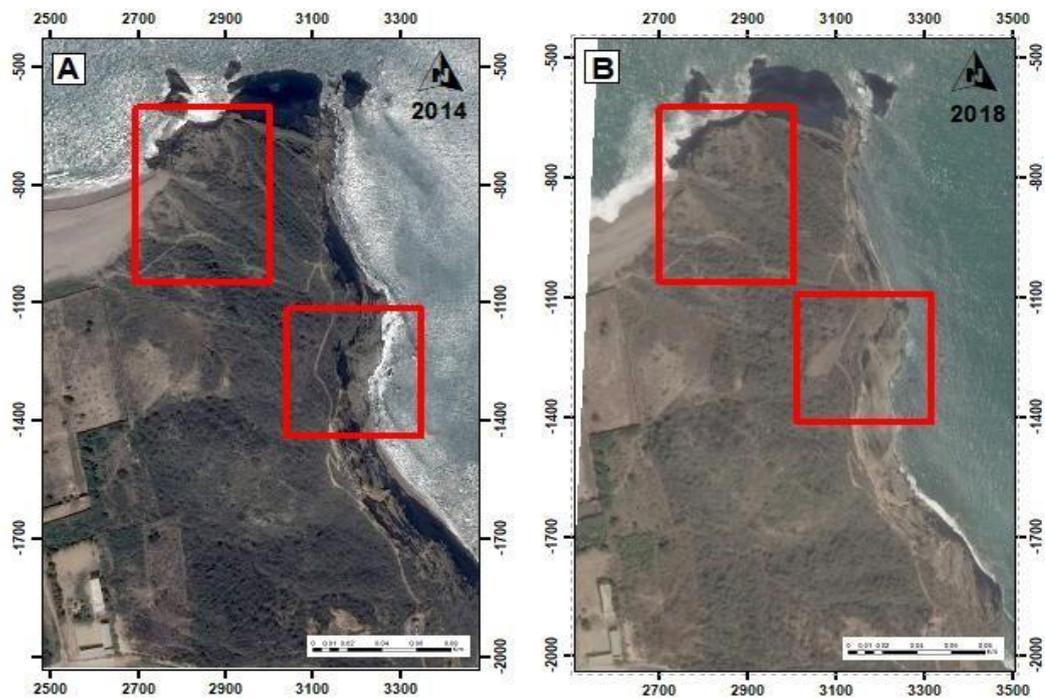


Figura 3.21 Detalle del acantilado San Lorenzo en el que se muestra cambios entre 2014 y 2018. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de flujos superficiales y movimientos complejos (cuadrado noreste) y ladera en equilibrio (cuadrado sureste).

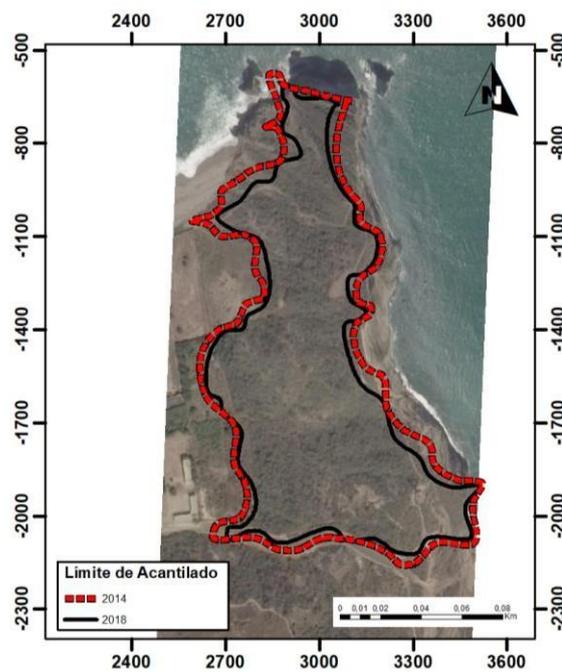
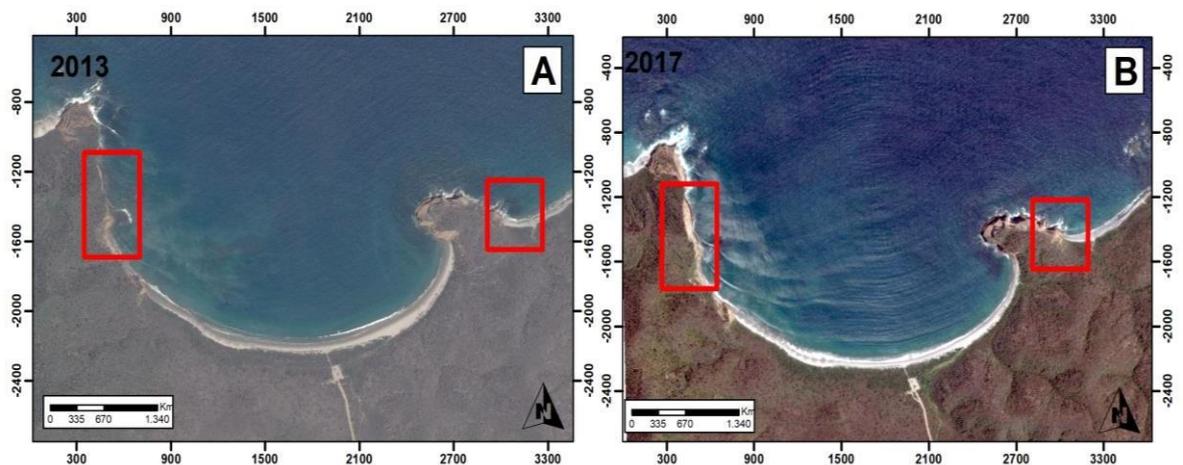
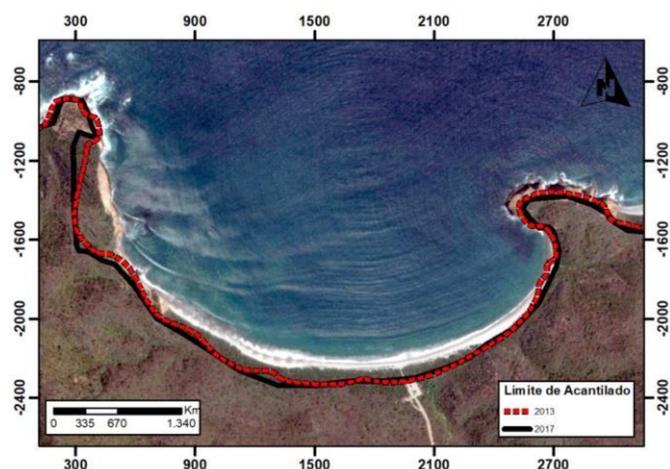


Figura 3.22 Comparación del límite del acantilado San Lorenzo en el año 2014 y 2018.

En el acantilado Los Frailes se compararon las imágenes de los años 2013 y 2017 (Anexo 6). Se interpretó la presencia de los modelos B y G (Figura 3.12), donde el B representa una situación compuesta por rasa, movimiento de masa complejo y acantilado activo dispuestos en este orden, desde la zona más alejada del nivel del mar a la menos. El modelo G identifica aquellos tramos donde el acantilado está afectado por procesos de gravedad de tipo movimiento en masa complejo. A continuación, se extiende una zona afectada por flujos superficiales con un frente activo. En el 2018 se evidencia la presencia de un movimiento complejo que, en el 2014 no se observaba. En este lado también los flujos superficiales aumentaron de superficie con el paso del tiempo. Al lado noreste también se evidencia otro movimiento complejo que ha provocado que parte del material se encuentren en la base del acantilado (Figura 3.23). La distancia mínima de retroceso es de 0.89 m y la máxima de 2.48m. Siendo la tasa de retroceso de 0.62 m/año (Figura 3.24)



**Figura 3.23 Detalle del acantilado Los Frailes en el que se muestra cambios entre 2013 y 2017. La comparativa entre A) y B) permite observar la generación de movimientos complejos (cuadrado sureste) y flujos superficiales (cuadrado noreste).**



**Figura 3.24 Comparación del límite del acantilado Los Frailes en el año 2013 y 2017.**

Finalmente, en la Tabla 3.3 se muestran los datos de retrocesos de los acantilados y las tasas de retroceso estimadas.

**Tabla 3.3 Tasas de retroceso en la zona de estudio.**

<b>Acantilados</b>	<b>Distancia mínima retrocedida (m)</b>	<b>Distancia máxima retrocedida (m)</b>	<b>Tasa de retroceso (m/año)</b>
<b>Período de años 2014-2018</b>			
Canoa	1.3	3.05	0.76
Bahía de Caráquez	1.15	3.55	0.89
Santa Marianita	1.24	2.10	0.53
San Lorenzo	2.88	3.33	0.83
<b>Período de años 2013-2017</b>			
Crucita	1.88	4	1
Los Frailes	0.89	2.48	0.62

### **Relación del sismo 16A con los cambios de morfología.**

Tras la identificación de los elementos geomorfológicos y el análisis de los cambios experimentados en los acantilados, se consideró que las principales amenazas que pueden sufrir los acantilados son la erosión costera, variaciones energéticas del oleaje, precipitaciones y sismos.

Los cambios evidenciados se produjeron en la mayoría de terrenos con pendiente pronunciada compuestos de roca blanda y firme que dependen del estado físico y tipo de propiedades físicas de las formaciones superficiales, del grado de erosión y estabilidad. Debido a estas posibles condiciones que pueden estar afectando al acantilado en este análisis se consideró al sismo del 16A como uno de los eventos que ha ocasionado los deslizamientos y desprendimientos de las zonas inestables. En otros casos, este evento sísmico ha debilitado y preparado la ladera para que sea otro evento posterior (sismo, lluvia severa, corte de camino o erosión fluvial), el que actúe como desencadenante.

### **3.3 Fichas descriptivas de acantilados**

La caracterización de los geomorfositos se presentó en fichas descriptivas donde se muestran las características geológicas más importantes observadas en él, pero no implica que sean las únicas.

- Ficha N° 1: Acantilado Canoa (Tabla 3.4)
- Ficha N° 2: Acantilado Bahía de Caráquez (Tabla 3.5)
- Ficha N° 3: Acantilado Crucita (Tabla 3.6)
- Ficha N° 4: Acantilado Santa Marianita (Tabla 3.7)
- Ficha N° 5: Acantilado San Lorenzo (Tabla 3.8)
- Ficha N° 6: Acantilado Los Frailes (Tabla 3.9)

### 3.3.1 Acantilado Canoa

Tabla 3.4 Ficha descriptiva N°1, correspondiente al Acantilado de la playa Canoa.

 Escuela Superior Politécnica del Litoral		 Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra						
FICHA DESCRIPTIVA DE LUGARES DE INTERÉS GEOMORFOLÓGICO								
DATOS GENERALES								
<b>CÓDIGO</b>	GMM1	<b>DENOMINACIÓN</b>		Acantilado de la playa Canoa				
<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>PROVINCIA</b>	Manabí		<b>CANTÓN</b>	San Vicente			
	<b>COORDENADAS</b>	X: 560181	Y: 9949611	<b>Parroquia</b>	Canoa			
<b>REFERENCIA DE ACCESO</b>	Para llegar a Canoa, se puede optar por la ruta por carretera, considerada la más corta desde Manta, la distancia es de 104 Km y la duración aproximada del viaje de 1h 47 min.			<b>VÍAS DE ACCESO:</b>	X	ASFALTADO		
						SIN ASFALTAR		
						EMPEDRADO		
ASPECTOS GEOLÓGICOS RELEVANTES								
<b>MUESTRA DE MANO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN</b>		<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN</b>		
	En la playa Canoa se evidencian acantilados altos de aproximadamente 30 metros, compuestos por areniscas calcáreas denominadas calcoarenitas y arcillas asociadas a la Fm. Borbón con pendientes que varían de 70 a 100%. Además, se evidencian terrazas indiferenciadas asociadas al Cuaternario, compuestas por arena. Los estratos presentan un rumbo de N 340°W con buzamiento de 230°SW. En esta zona de acantilados se puede encontrar la entrada del río Canoa, el cual desemboca en el mar.					FUERTEMENTE DEGRADADO		
						DEGRADADO		
						ALTERADO		
				X			FAVORABLE CON ALTERACIONES	
							FAVORABLE	
<b>CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS</b>				La temperatura promedio es de 24.4 °. La precipitación promedio es de 729 mm al año.				
<b>ASOCIACIÓN CON OTROS ATRACTIVOS</b>				Permite realizar ciclismo, pesca deportiva, surf o disfrutar de experiencias de ecoturismo y turismo gastronómico.				
TIPO DE INTERES (POR SU CONTENIDO)								
ESTRATIGRÁFICO	X	MINERALÓGICO		GEOMORFOLÓGICO	X	GEOHISTÓRICO		
PALEONTOLÓGICO		MINERO		GEOFÍSICO		MUSEOS		
TECTÓNICO	X	GEOTÉCNICO		GEOQUÍMICO		SEDIMENTOLÓGICO	X	
HIDROGEOLÓGICO	X	PETROLÓGICO		GLACIAL		VOLCÁNICO		
POR SU UTILIZACIÓN								
TURÍSTICO	X	CIENTÍFICO	X	DIDÁCTICO	X	ECONÓMICO	X	
POR SU INFLUENCIA								
LOCAL	X	PROVINCIAL	X	NACIONAL		INTERNACIONAL		

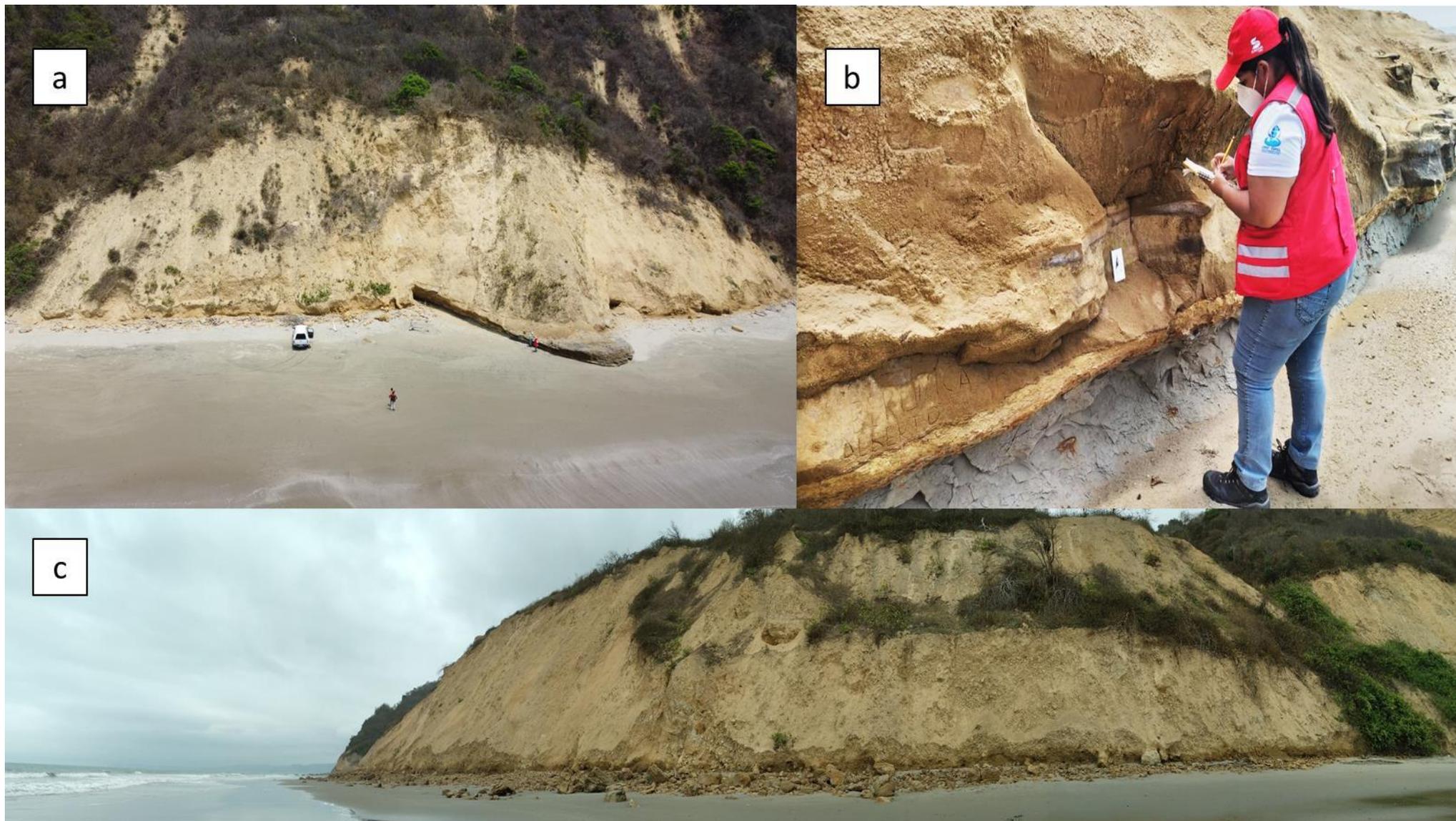


**Figura 3.25 a) Acantilado Canoa lado sur con presencia de rio Canoa; b) tomas de muestras de mano; c) Vista panorámica de acantilado y playa.**

### 3.3.2 Acantilado Bahía de Caráquez

Tabla 3.5 Ficha descriptiva N°2, correspondiente al Acantilado de la playa Bahía de Caráquez

									
FICHA DESCRIPTIVA DE LUGARES DE INTERÉS GEOMORFOLÓGICO									
DATOS GENERALES									
CÓDIGO	GMM2	DENOMINACIÓN		Acantilado de la playa Bahía de Caráquez					
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	Manabí		CANTÓN	Sucre				
	COORDENADAS	X: 560560	Y: 9931286	PARROQUIA	Bahía de Caráquez				
REFERENCIA DE ACCESO	Se encuentra localizado a tres kilómetros del sureste de Bahía de Caráquez, se ingresa por la calle Ruta Spondylus y Virgilio Stoper.			VÍAS DE ACCESO:		ASFALTADO			
				X		SIN ASFALTAR			
						EMPEDRADO			
						SENDERO			
ASPECTOS GEOLÓGICOS RELEVANTES									
MUESTRA DE MANO	DESCRIPCIÓN			ESTADO DE CONSERVACIÓN		FUERTEMENTE DEGRADADO			
	<p>Los acantilados que se observan en el costado izquierdo de la playa la Bellaca de Bahía de Caráquez, están conformados en la base arenisca fina color grisácea con nódulos de hierro, en capas superiores areniscas que van de media a gruesa de color naranja. En la parte superior se encuentra el material deslizado de areniscas mal consolidadas color grisáceo. Además, se evidencia la presencia de yeso en las rocas ubicadas al pie del acantilado. Los acantilados localizados al costado derecho están conformados por una intercalación de rocas sedimentarias como arcilla fina y conglomerados en la base, en la capa media arcillas y en la capa superior arenisca gruesa, todos asociados a la Fm. Borbón y Onzole. Se evidencia unas capas de lutitas blancas que podrían estar asociadas al Miembro Villingota, las cuales se han deslizado acumulándose en el pie del acantilado. Los acantilados presentan un rumbo de N268°W y buzamiento 210°SW. También se puede notar la existencia de tómbolos que son considerados accidentes geográficos con origen sedimentario localizados fuera del continente.</p>			X	DEGRADADO				
								ALTERADO	
								FAVORABLE CON LATERACIONES	
								FAVORABLE	
CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS				Bahía de Caráquez tiene el clima tropical de sabana. Hace calor todos los meses, tanto en la estación seca como en la húmeda. La temperatura media anual es 16° y la precipitación media anual es 1626 mm.					
ASOCIACIÓN CON OTROS ATRACTIVOS				Isla Corazón, Puente las Caras (10km) Museo Bahía de Caráquez, Reserva Biológica Cerro Seco					
TIPO DE INTERES (POR SU CONTENIDO)									
ESTRATIGRÁFICO	X	MINERALÓGICO		GEOMORFOLÓGICO	X	GEOHISTÓRICO			
PALEONTOLÓGICO		MINERO		GEOFÍSICO		MUSEOS			
TECTÓNICO	X	GEOTÉCNICO		GEOQUÍMICO		SEDIMENTOLÓGICO	X		
HIDROGEOLÓGICO		PETROLÓGICO		GLACIAL		VOLCÁNICO			
POR SU UTILIZACIÓN									
TURÍSTICO	X	CIENTÍFICO	X	DIDÁCTICO	X	ECONÓMICO	X		
POR SU INFLUENCIA									
LOCAL	X	PROVINCIAL		NACIONAL		INTERNACIONAL			



**Figura 3.26 a) Acantilado Bahía de Caráquez lado norte; b) toma de muestras de mano; c) Vista panorámica de acantilado y playa.**

### 3.3.3 Acantilado Crucita

Tabla 3.6 Ficha descriptiva N°3, correspondiente al acantilado de la playa Crucita.

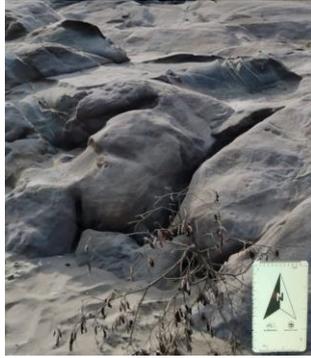
 Escuela Superior Politécnica del Litoral		 Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra						
FICHA DESCRIPTIVA DE LUGARES DE INTERÉS GEOMORFOLÓGICO								
DATOS GENERALES								
<b>CÓDIGO</b>	GMM3	<b>DENOMINACIÓN</b>		Acantilado de la playa Crucita				
<b>LOCALIZACIÓN</b>	<b>PROVINCIA</b>	Manabí		<b>CANTÓN</b>	Portoviejo			
	<b>COORDENADAS</b>	X: 550596	Y: 9902153	<b>PARROQUIA</b>	Crucita			
<b>REFERENCIA DE ACCESO</b>	Para llegar a Crucita desde Manta se debe tomar la Ruta del Spondylus/E15, con una duración de 43 min (40.6 km)			<b>VÍAS DE ACCESO:</b>		ASFALTADO		
					X	SIN ASFALTAR		
					X	EMPEDRADO		
						SENDERO		
ASPECTOS GEOLÓGICOS RELEVANTES								
<b>MUESTRA DE MANO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>			<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN</b>		<b>FUERTEMENTE DEGRADADO</b>		
	Los acantilados de Crucita son de mediana altura y de bajo ángulo, conformados por lutitas tobáceas, a veces calcáreas, generalmente blandas y fracturadas pertenecientes a la Fm. Tosagua del Miembro Villingota.  En la parte superior de los acantilados en la cota 154m afloran diatomitas, consideradas rocas sedimentarias con colores claros, compuestas por caparazones de organismos silíceos. Los afloramientos tienen un rumbo de N87°E y buzamiento 206°SW. La muestra tomada en campo tiene una altura de 9 cm y ancho de 9 cm.			X		DEGRADADO		
						ALTERADO		
						FAVORABLE CON ALTERACIONES		
						FAVORABLE		
						<b>ESTADO DE CONSERVACIÓN</b>		
<b>CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS</b>			Posee un clima seco en verano y el cálido lluvioso en época de invierno. En verano la temperatura oscila entre los 23 y 28 grados, mientras que en la época lluviosa la temperatura alcanza los 32 grados. La precipitación anual oscila entre los 800 y 1.100 mm en condiciones normales.					
<b>ASOCIACIÓN CON OTROS ATRACTIVOS</b>			En esta playa se puede realizar surf, parapente y actividades como senderismo.					
TIPO DE INTERES (POR SU CONTENIDO)								
ESTRATIGRÁFICO	X	MINERALÓGICO		GEOMORFOLÓGICO	X	GEOHISTÓRICO		
PALEONTOLÓGICO		MINERO		GEOFÍSICO		MUSEOS		
TECTÓNICO	X	GEOTÉCNICO		GEOQUÍMICO		SEDIMENTOLÓGICO	X	
HIDROGEOLÓGICO		PETROLÓGICO		GLACIAL		VOLCÁNICO		
POR SU UTILIZACIÓN								
TURÍSTICO	X	CIENTÍFICO	X	DIDÁCTICO	X	ECONÓMICO	X	
POR SU INFLUENCIA								
LOCAL	X	PROVINCIAL	X	NACIONAL		INTERNACIONAL		



Figura 3.27 a) Acantilado Crucita vista inferior; b) vista superior y pendiente; c) Vista panorámica de acantilado y playa.

### 3.3.4 Acantilado Santa Marianita

Tabla 3.7 Ficha descriptiva N°4, correspondiente al acantilado de la playa Santa Marianita.

							
FICHA DESCRIPTIVA DE LUGARES DE INTERÉS GEOMORFOLÓGICO							
DATOS GENERALES							
CÓDIGO	GMM4	DENOMINACIÓN		Acantilado de la playa Santa Marianita			
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	Manabí		CANTÓN	Manta		
	COORDENADAS	X: 519287	Y: 9894166	PARROQUIA	Santa Marianita		
REFERENCIA DE ACCESO	Para llegar de Manta a Santa Marianita se debe tomar una ruta por carretera más corta, con una distancia de 6 Km y la duración aproximada del viaje de 12 min.			VÍAS DE ACCESO:	<input type="checkbox"/>	ASFALTADO	
				<input checked="" type="checkbox"/>	SIN ASFALTAR		
				<input type="checkbox"/>	EMPEDRADO		
				<input type="checkbox"/>	SENDERO		
ASPECTOS GEOLÓGICOS RELEVANTES							
MUESTRA	DESCRIPCIÓN		ESTADO DE CONSERVACIÓN		<input type="checkbox"/>	FUERTEMENTE DEGRADADO	
	<p>Los acantilados de la playa Santa Marianita están compuestos por areniscas finas-medias-gruesas, lutitas localizadas en la parte superior del acantilado y los conglomerados en la parte baja. Estas litologías están asociadas a la Fm. San Mateo.</p> <p>Presentan un rumbo de N264°SW y buzamiento de 258° SW.</p> <p>También se evidencian escollos cercanos, que suelen ser recubiertos por el mar en oleajes altos.</p>				<input type="checkbox"/>	DEGRADADO	
					<input type="checkbox"/>	ALTERADO	
					<input checked="" type="checkbox"/>	FAVORABLE CON ALTERACIONES	
					<input type="checkbox"/>	FAVORABLE	
		CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	Santa Marianita posee un clima de tipo tropical megatérmico árido y semiárido, se caracteriza por presentar temperaturas medias anuales de 24°C a 30°C. Las precipitaciones anuales no superan los 500 mm.				
		ASOCIACIÓN CON OTROS ATRACTIVOS	Se puede realizar paddle-boarding o surf, kiteboarding y otros deportes extremos. Además, se puede realizar senderismo en el Bosque de Pacoche.				
TIPO DE INTERÉS (POR SU CONTENIDO)							
ESTRATIGRÁFICO	<input checked="" type="checkbox"/>	MINERALÓGICO	<input type="checkbox"/>	GEOMORFOLÓGICO	<input checked="" type="checkbox"/>	GEOHISTÓRICO	<input type="checkbox"/>
PALEONTOLÓGICO	<input type="checkbox"/>	MINERO	<input type="checkbox"/>	GEOFÍSICO	<input type="checkbox"/>	MUSEOS	<input type="checkbox"/>
TECTÓNICO	<input checked="" type="checkbox"/>	GEOTÉCNICO	<input type="checkbox"/>	GEOQUÍMICO	<input type="checkbox"/>	SEDIMENTOLÓGICO	<input checked="" type="checkbox"/>
HIDROGEOLÓGICO	<input type="checkbox"/>	PETROLÓGICO	<input type="checkbox"/>	GLACIAL	<input type="checkbox"/>	VOLCÁNICO	<input type="checkbox"/>
POR SU UTILIZACIÓN							
TURÍSTICO	<input checked="" type="checkbox"/>	CIENTÍFICO	<input checked="" type="checkbox"/>	DIDÁCTICO	<input checked="" type="checkbox"/>	ECONÓMICO	<input checked="" type="checkbox"/>
POR SU INFLUENCIA							
LOCAL	<input checked="" type="checkbox"/>	PROVINCIAL	<input checked="" type="checkbox"/>	NACIONAL	<input type="checkbox"/>	INTERNACIONAL	<input type="checkbox"/>



**Figura 3.28 a) Acantilado Santa Marianita lado oeste; b) zona de roca visible y toma de muestras; c) Vista panorámica de acantilado lado norte y playa.**

### 3.3.5 Acantilado San Lorenzo

Tabla 3.8 Ficha descriptiva N°5, correspondiente al acantilado de la playa San Lorenzo.

 Escuela Superior Politécnica del Litoral		 Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra					
FICHA DESCRIPTIVA DE LUGARES DE INTERÉS GEOMORFOLÓGICO							
DATOS GENERALES							
CÓDIGO	GMM5	DENOMINACIÓN		Acantilado de la playa San Lorenzo			
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	Manabí		CANTÓN	Manta		
	COORDENADAS	X: 510567	Y: 9879171	PARROQUIA	San Lorenzo		
REFERENCIA DE ACCESO	Para acceder a este sitio, los visitantes pueden emprender el corto viaje por la Ruta del Spondylus hasta el desvío a la cabecera parroquial de San Lorenzo. En este punto, donde hay diversos servicios para atender las necesidades del turista, se obtiene la información puntual indispensable para hacer la caminata que los conducirá al Faro.			VÍAS DE ACCESO:	X	ASFALTADO	
						SIN ASFALTAR	
					X	EMPEDRADO	
							X
						SENDERO	
ASPECTOS GEOLÓGICOS RELEVANTES							
MUESTRA	DESCRIPCIÓN		CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS			FUERTEMENTE DEGRADADO	
	El Cabo de San Lorenzo, presenta un paisaje muy característico, donde se aprecian algunos acantilados a lo largo de la línea de costa con salientes rocosos, los cuales están constituidos por aluviones modernos (Cuaternarios) y rocas volcánicas (basalto) pertenecientes a la Fm. Piñon del Cretácico. Los acantilados que se encuentran se vuelven más inestables por la presencia de abundante yeso, que rellena las fracturas de las rocas sedimentarias. Tienen un rumbo de N 330° W y buzamiento de N190°SW.					DEGRADADO	
						ALTERADO	
						FAVORABLE CON ALTERACIONES	
					X	FAVORABLE	
			CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS	El clima en esta parte del país es agradable, posee temperatura media que oscila entre los 25° y los 29° C.			
			ASOCIACIÓN CON OTROS ATRACTIVOS	Playa Murciélagos 34Km Playa Puerto Cayo 36 Km Artesanías en Montecristi 46Km			
TIPO DE INTERES (POR SU CONTENIDO)							
ESTRATIGRÁFICO	X	MINERALÓGICO		GEOMORFOLÓGICO	X	GEOHISTÓRICO	
PALEONTOLÓGICO		MINERO		GEOFÍSICO		MUSEOS	
TECTÓNICO	X	GEOTÉCNICO		GEOQUÍMICO		SEDIMENTOLÓGICO	X
HIDROGEOLÓGICO		PETROLÓGICO		GLACIAL		VOLCÁNICO	
POR SU UTILIZACIÓN							
TURÍSTICO	X	CIENTÍFICO	X	DIDÁCTICO	X	ECONÓMICO	X
POR SU INFLUENCIA							
LOCAL	X	PROVINCIAL	X	NACIONAL		INTERNACIONAL	

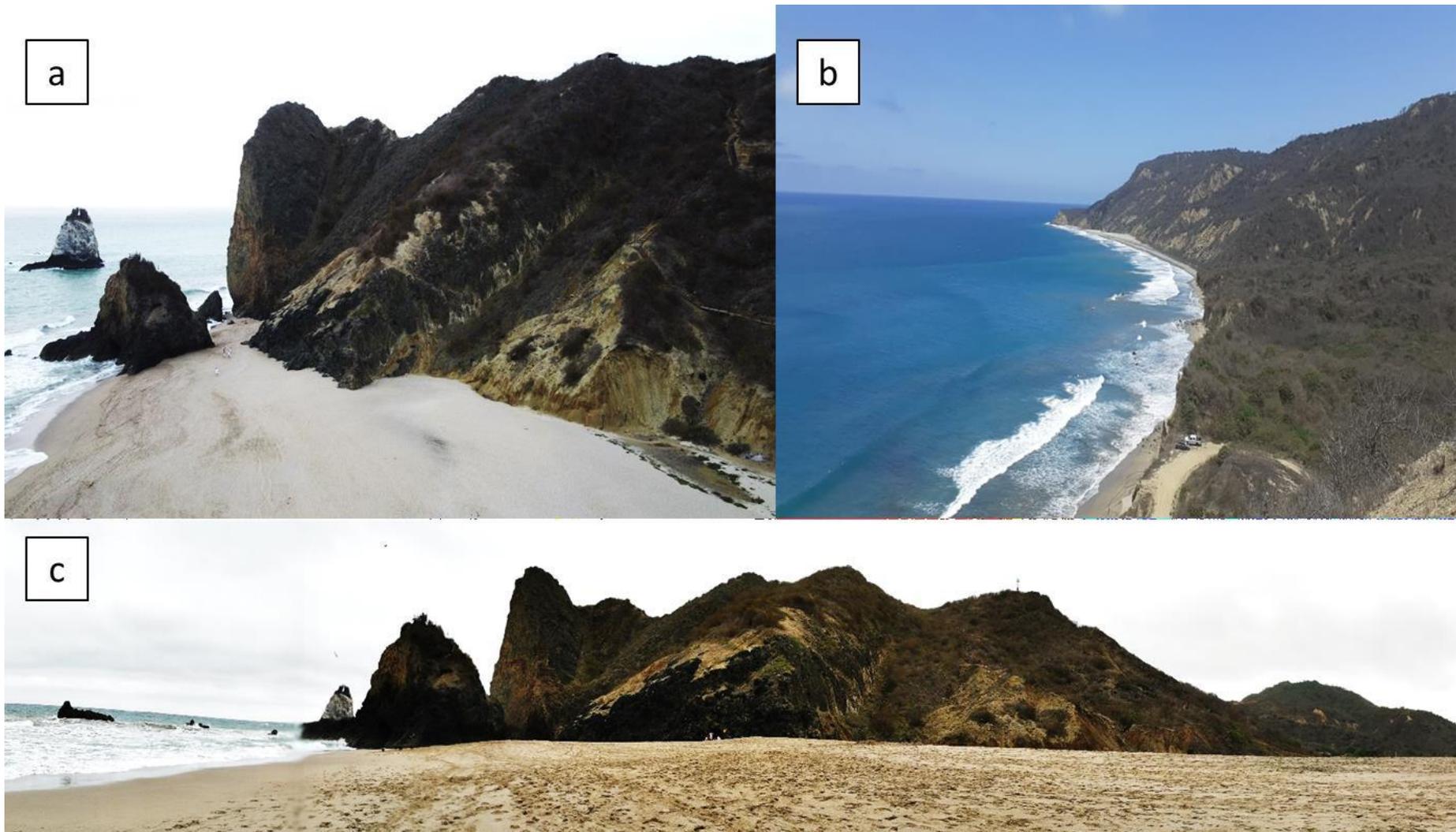


Figura 3.29 a) Acantilado San Lorenzo lado norte; b) lado este vista superior; c) Vista panorámica de acantilado y playa.

### 3.3.6 Acantilado Los Frailes

**Tabla 3.9 Ficha descriptiva N°6, correspondiente al acantilado de Los Frailes.**

 Escuela Superior Politécnica del Litoral		 Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra							
FICHA DESCRIPTIVA DE LUGARES DE INTERÉS GEOMORFOLÓGICO									
DATOS GENERALES									
CÓDIGO	GMM6	DENOMINACIÓN			Acantilado de la playa Los Frailes				
LOCALIZACIÓN	PROVINCIA	Manabí		CANTÓN	Puerto López				
	COORDENADAS	X:	Y:	PARROQUIA	Puerto López				
		523084	9835138						
REFERENCIA DE ACCESO	La entrada a Los Frailes se ubica entre Puerto López y Machalilla, en la Ruta del Spondylus. Exactamente está a 10 km después de Puerto López .			VÍAS DE ACCESO:	X	ASFALTADO			
						SIN ASFALTAR			
						EMPEDRADO			
						SENDERO			
ASPECTOS GEOLÓGICOS RELEVANTES									
MUESTRA	DESCRIPCIÓN			ESTADO DE CONSERVACIÓN		FUERTEMENTE DEGRADADO			
	Los acantilados ubicados en los extremos de la bahía los Frailes están compuestos de capas de areniscas, arcillas y grauvacas color verde pertenecientes a la Fm. Cayo (Cretácico). Además se pueden evidenciar los depósitos aluviales conformados por arenas y rodados de origen Cuaternario.					DEGRADADO			
								ALTERADO	
								FAVORABLE CON ALTERACIONES	
				CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS		La punta de los Frailes en Manabí tiene una temperatura promedio de 27 grados que puede variar de acuerdo a la estación del año con mareas altas y bajas.			
				ASOCIACIÓN CON OTROS ATRACTIVOS		Puerto López 10 km Salango 20 km Machalilla 6,9 km Las Tunas 30 km Ayampe 33 km			
TIPO DE INTERÉS (POR SU CONTENIDO)									
ESTRATIGRÁFICO	X	MINERALÓGICO		GEOMORFOLÓGICO	X	GEOHISTÓRICO			
PALEONTOLÓGICO		MINERO		GEOFÍSICO		MUSEOS			
TECTÓNICO	X	GEOTÉCNICO		GEOQUÍMICO		SEDIMENTOLÓGICO	X		
HIDROGEOLÓGICO		PETROLÓGICO		GLACIAL		VOLCÁNICO			
POR SU UTILIZACIÓN									
TURÍSTICO	X	CIENTÍFICO	X	DIDÁCTICO	X	ECONÓMICO	X		
POR SU INFLUENCIA									
LOCAL	X	PROVINCIAL	X	NACIONAL		INTERNACIONAL			



**Figura 3.30 a) Acantilado Punta los Frailes; b) Acantilado arroyo los Frailes; c) Vista panorámica de acantilados y playa.**

### 3.4 Evaluación Método IELIG 2018

Los resultados obtenidos a partir de las valoraciones realizadas por los expertos tomando en consideración el método IELIG (versión actualizada 2018), se conformó una tabla analítica del comportamiento numérico de los parámetros de interés que presentan los geomorfositos (Tabla 3.10).

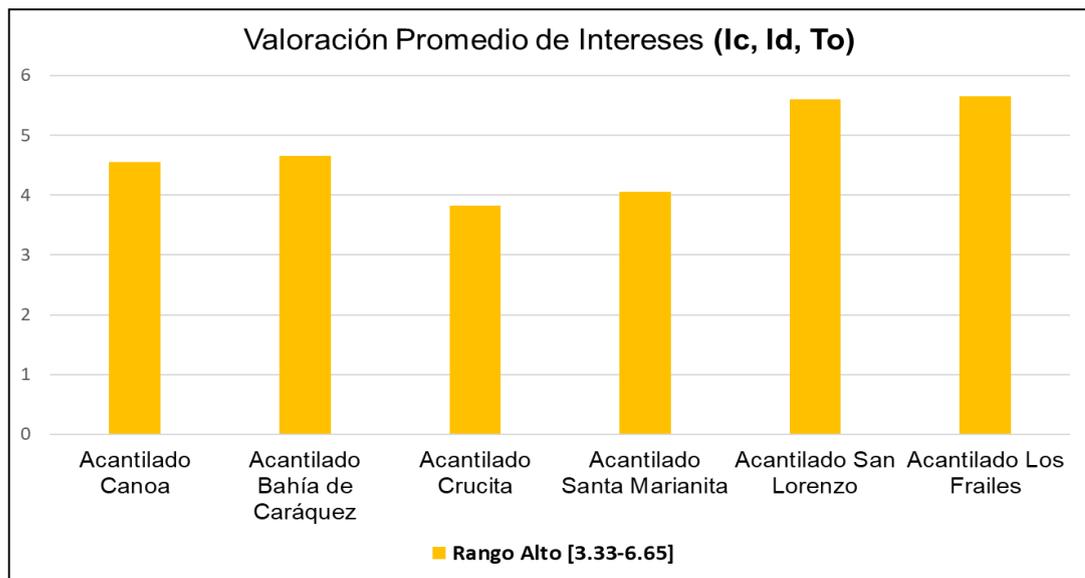
**Tabla 3.10 Puntajes de los intereses científico (Ic), didáctico (Id) y turístico (To), susceptibilidad a la degradación (Sd), y riesgo de degradación (Rd)**

Geomorfositos	Valoración por Intereses				Valoración por amenazas naturales							Valoración por amenazas antrópicas					
	Científico	Didáctico	Turístico	Promedio	Tamaño	Vulnerabilidad	Suceptibilidad de Degradación	Riesgo de Degradación				Vulnerabilidad	Suceptibilidad de Degradación	Riesgo de Degradación			
	Ic	Id	To	AI	EF	VUN	SDN	RDNic	RDNId	RDNTTo	RDNM	VA	SDA	RDAIc	RDAId	RDATo	RDAM
Acantilado Canoa	3,83	4,9	4,95	<b>4,55</b>	0,0075	400	<b>3</b>	1,15	1,47	1,49	<b>1,48</b>	160	<b>1,2</b>	0,46	0,58	0,59	<b>0,59</b>
Acantilado Bahía de Caráquez	4,13	4,75	5,13	<b>4,66</b>	0,0075	400	<b>3</b>	1,23	1,42	1,53	<b>1,53</b>	144	<b>1,08</b>	0,44	0,51	0,55	<b>0,55</b>
Acantilado Crucita	3,38	3,63	4,5	<b>3,83</b>	0,0075	400	<b>3</b>	1,01	1,08	1,35	<b>1,35</b>	175	<b>1,31</b>	0,44	0,47	0,59	<b>0,59</b>
Acantilado Santa Marianita	3,6	4	4,55	<b>4,05</b>	0,0075	200	<b>1,5</b>	0,54	0,6	0,68	<b>0,68</b>	165	<b>1,24</b>	0,44	0,49	0,56	<b>0,56</b>
Acantilado San Lorenzo	4,75	5,6	6,4	<b>5,6</b>	0,0075	200	<b>1,5</b>	0,71	0,84	0,96	<b>0,96</b>	115	<b>0,86</b>	0,41	0,485	0,56	<b>0,56</b>
Acantilado Los Frailes	5,48	5,4	6,05	<b>5,65</b>	0,0075	200	<b>1,5</b>	0,82	0,81	0,9	<b>0,9</b>	79	<b>0,59</b>	0,32	0,32	0,36	<b>0,36</b>

Valoración de Intereses (Ic, Id, To)		Valores de Susceptibilidad de Degradación (SD)		Valores de Riesgo de Degradación (RD)	
Rangos	Valores	Rangos	Valores	Rangos	Valores
> 6,65	Muy Alto	> 3,5	Muy Alto	> 2,5	Muy Alto
3,33-6,65	Alto	1,5-3,5	Alto	1-2,5	Alto
< 3,33	Medio	0,75-1,5	Medio	0,5-1	Medio
		< 0,75	Bajo	< 0,5	Bajo

### 3.4.1 Evaluación de Intereses (Científico, Didáctico, Turístico-Recreativo)

Los datos de la Tabla 3.10 se representaron en los gráficos de calidad para cada parámetro evaluado, lo que nos permite determinar las cualidades y el estado de los geomorfositos. Los resultados globales obtenidos de los valores promedio de los tipos de interés (Ic, Id y To) se presentan en la Figura 3.31.



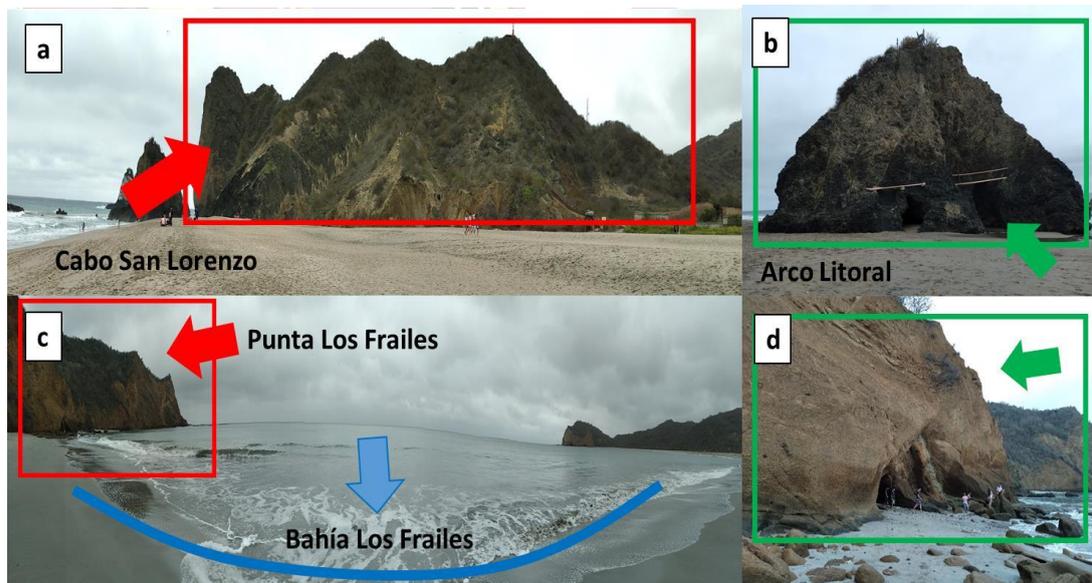
**Figura 3.31 Clasificación de los resultados obtenidos del promedio de intereses de los geomorfositos.**

El acantilado San Lorenzo obtuvo un valor máximo de 5,60 destacando su valor científico ya que, presenta un elevado interés geomorfológico y se encuentra en el rango Alto (3.33-6.65). El relieve costero de San Lorenzo está basado en la presencia de una geoforma costera denominada “cabo” considerado como un accidente geográfico formado por una península pequeña que se extiende desde la costa hacia el mar (Picard & Goddard, 2014). Esta geoforma costera presenta una característica principal que es influir en las corrientes marinas por ser una prolongación que sobresale del mar (Schillizzi, 2014). En esta zona se han localizado acantilados verticales de gran altura formados por rocas resistentes y homogéneas por encontrarse en zonas donde hay alta energía de oleaje.

Se encuentra compuesto por roca volcánica (basalto) con presencia de abundante yeso que rellena las fracturas (Figura 3.32.a). Junto a los acantilados se encuentran otro elemento geomorfológico denominado “arco litoral” que se forma por una retirada selectiva de partículas de roca, debido a un proceso de erosión diferencial en el cual influyen agentes externos e internos (Figura 3.32.b). La importancia turística que tiene esta geoforma es que ha sido utilizada a lo largo de la historia en la navegación para no perder de vista la costa. Debido a esto, se ha implementado en su cima un faro y cuenta con un sendero que nace desde la parte más baja, desde donde se puede apreciar el paisaje, la flora y fauna.

El acantilado Los Frailes alcanza un valor de 5.65 con interés geomorfológico Alto (3.33-6.65), debido a que su relieve está relacionado a la presencia de un entrante de mar denominado “bahía”. Geoforma considerada como un accidente geográfico en la línea de costa que consiste en una escotadura profunda que forma un semicírculo. Esta formación costera presenta una boca de longitud igual o menor que el diámetro del semicírculo que forma. Por su conformación geográfica tanto en relieve costero como profundidad, la bahía disipa parcialmente la fuerza del oleaje y las corrientes (SNET, 2008). Debido a esto, son áreas adecuadas para puertos y para el uso de sus playas para el esparcimiento y el turismo (Figura 3.32.c). Se ha podido evidenciar que en el costado izquierdo de la bahía se localiza otra geoforma denominada “Punta Los Frailes”, la cual consiste en una extensión de tierra que ingresa, donde se localizan acantilados semiverticales compuestos de areniscas, arcillas, grauvacas color verde y pendientes variables.

También se pudo evidenciar que se ha formado un arco donde las olas y las corrientes cruzadas han atacado los costados de los acantilados, compuestos de zonas débiles que ceden y terminan por abrir un agujero que las atraviesa (Hierro & Islands, 2019). Presentan una buena accesibilidad e información permitiendo que turistas y expertos puedan aparcar en zonas adecuadas para el aprovechamiento turístico que realzan el potencial del geomorfosito (Figura 3.32.d).



**Figura 3.32 Geomorfositos destacados. a) Acantilado y cabo San Lorenzo; b) Arco de San Lorenzo; c) Bahía y Punta Los Frailes; d) Arco de punta Los Frailes.**

El acantilado Canoa obtuvo un puntaje de 4.55 y presenta un interés geomorfológico Alto dentro del rango (3.33-6.65). Destacó por ser una geofoma con una altitud máxima de 100 msnm. El origen de este acantilado se asocia a la acción abrasiva del oleaje en la base del terreno costero (Castedo, 2012). La pendiente evidenciada en los acantilados es empinada en ciertas partes, exclusivamente en zonas donde hay alta energía de oleaje. Sin embargo, en los acantilados cercanos a la zona urbana, se ha evidenciado que conforme ha progresado la erosión, las rocas que sobresalen por la socavación y se encuentran en la base se desmoronan, debido a la gravedad ocasionando que este retroceda por lo que tiende a ser menos vertical. La composición litológica del acantilado comprende la presencia de areniscas calcáreas y arcillas. En cuanto al aspecto turístico se indica que el acceso a este geomorfosito está condicionado parcialmente y se encuentra cercano a zonas turísticas activas (Figura 3.33.a).

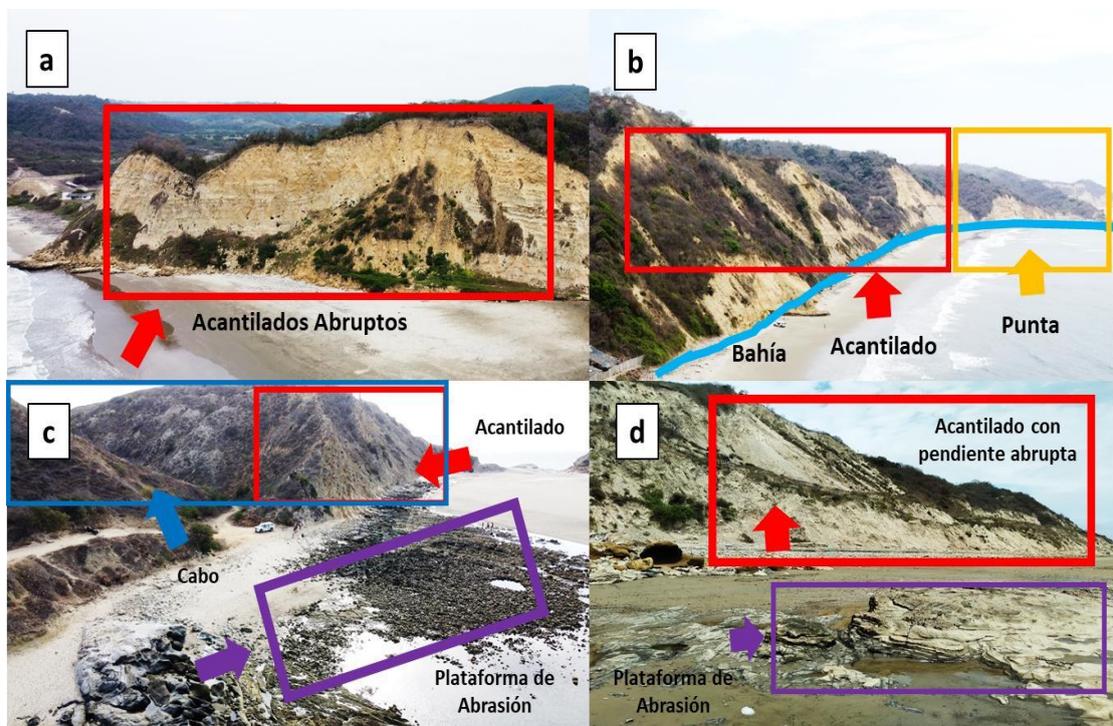
El acantilado Bahía de Caráquez obtuvo un puntaje de 4.66 el cual se ubica dentro del rango Alto (3.33-6.65) con interés geomorfológico. Presenta un interés científico importante por encontrarse ubicado en una “bahía”, considerada como un entrante de mar rodeada por tierra excepto por una apertura, que suele ser más ancha que el resto de la penetración de la tierra. Se trata de una concavidad en la línea costera formada generalmente por la erosión generada

por los movimientos del mar (Villagrán, 2007). Suelen ser de gran importancia económica y estratégica para un país puesto que son lugares muy favorables para la construcción de puertos. Esta bahía presenta una punta muy sobresaliente como la denominada “Punta la Bellaca” que es una zona estrecha de tierra que entra en el mar, de menor tamaño que un cabo, donde se han podido localizar acantilados de aproximadamente 30 msnm, compuestos de arenisca fina con nódulos de hierro y yeso abundante (Figura 3.33.b).

El acantilado Santa Marianita obtuvo un valor Alto de 4.05 con interés geomorfológico ubicado en el rango (3.33-6.65). Esto se debe a que, está localizado en un saliente terrestre denominado “cabo”, el cual está formado por una porción de tierra que se extiende desde la costa hacia el interior del mar. A su alrededor se localiza una playa que ha sido formada cuando en el borde costero la cantidad de materiales disponibles sobrepasa el volumen de sedimentos que las olas y las corrientes son capaces de desplazar (López, 2016). Al costado derecho de esta playa que goza de un ambiente paisajístico considerable donde se encuentra la zona de acantilados vivos que están en contacto activo con el mar. Los cuales han sido formados por la acción abrasiva del oleaje, y se encuentran conformados por areniscas gruesas que se encuentran aflorando como plataforma de abrasión extendida a lo largo de la playa. En cuanto a la plataforma de abrasión tiende a tener superficies planas horizontales, atribuidas a la acción de las olas rompiendo sobre la costa por largos períodos de tiempo, generalmente se encuentran en la zona intermareal y tienen una pendiente aproximada que va desde 5° a 30°(Restrepo et al., 2007). En cuanto al aprovechamiento turístico, en la zona de playa se ha formado una poza donde se almacena el agua de mar, la cual permite que turistas puedan aprovechar del bello paisaje (Figura 3.33.c).

Finalmente, Crucita destaca por ser un acantilado con relieve abrupto, mediana altura y de bajo ángulo. Está compuesto por diatomitas formadas por caparazones de organismos silíceos y lutitas tobáceas, cuenta con una buena observación desde la cima, permitiendo que se pueda apreciar el paisaje.

Las playas de Crucita tienen un perfil cóncavo ligero y se desarrollan con una orientación Suroeste-Noreste, en una distancia de 8.900m desde estrangulamiento natural de la ciudad en la parte Sur hasta la desembocadura del río Portoviejo. En la base del acantilado las condiciones indican que ha sido muy afectado, debido a la presencia de elementos antrópicos (Figura 3.33.d). Es por eso que, el valor mínimo obtenido es de (3.83) ubicado dentro del rango Alto de (3.33-6.65). A pesar de las observaciones realizadas a cada uno de los acantilados en promedio todos alcanzaron una valoración Alta, lo que los convierte en geomorfositos, para ser considerados parte de una estrategia geoturística que permita promoverlos y conservarlos.



**Figura 3.33 Geomorfositos destacados. a) Acantilados abruptos Canoa; b) Geformas presentes en Bahía de Caráquez; c) Geformas presentes en Santa Marianita; d) Acantilados abruptos Crucita.**

### 3.4.2 Evaluación de la Susceptibilidad de Degradación Natural

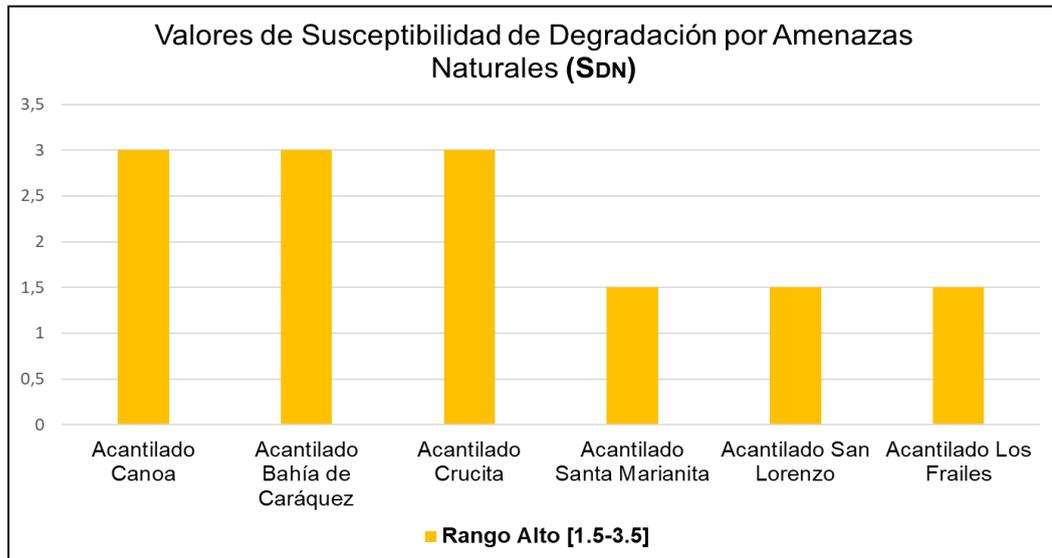
Los resultados obtenidos de los valores de susceptibilidad de degradación por amenazas naturales (SDN) de los 6 geomorfositos, evidenciaron que todos se encuentran en el rango Alto (1.5-3.5). Debido a que, por encontrarse cercanos al

mar sufren los estragos de la dinámica litoral, considerada como el conjunto de cambios activos que pueden ocasionar grandes variaciones en la morfología (Ibarra & Belmonte, 2017).

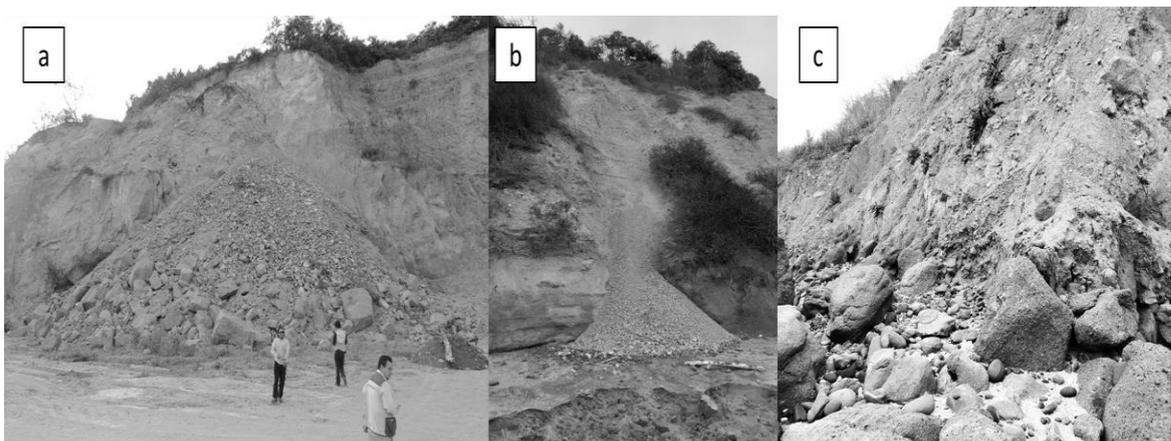
Las principales amenazas que han sufrido los acantilados son la erosión costera, variaciones energéticas del oleaje, precipitaciones y sismos. El valor máximo alcanzado dentro de este rango es 3, destacándose los acantilados Canoa, Bahía de Caráquez y Crucita, los cuales resultaron más afectados según el sismo ocurrido el 16A, considerado uno de los factores desencadenantes que han dejado en evidencia la existencia de deslizamientos y acumulación de material (Figura 3.34). Geológicamente el principal factor condicionante que afecta la susceptibilidad de degradación es el debilitamiento que se ha evidenciado en los acantilados, asociado a las características del sustrato, ya que sobre el que actúan los procesos erosivos. Donde la intensidad es máxima cuando la erosión afecta a suelos, sedimentos y rocas poco resistentes como las areniscas, arcillas, margas, pizarras haciendo que la pendiente sea más tenue por los deslizamientos.

Los acantilados Canoa, Bahía de Caráquez y Crucita, presenta un valor máximo de susceptibilidad al estar formados por rocas sedimentarias blandas como areniscas calcáreas, areniscas finas mal consolidadas, arcillas, lutitas tobáceas blandas y fracturadas. Estas características han provocado el debilitamiento y deslizamientos, que se ven evidenciados en la base del acantilado. Mientras que, en Santa Marianita, San Lorenzo y Los Frailes el valor de susceptibilidad es mínimo, ya que el material que conforma el acantilado son los conglomerados, lutitas y areniscas medias a gruesas que son más difíciles de erosionar, formando un acantilado alto y vertical. Indicando que, a pesar de haber sido también afectados, han resultado menos comprometidos que el resto, sin dejar de lado que pueden ser objeto de degradación con el paso del tiempo (Figura 3.35). Otro factor condicionante que influye en la susceptibilidad es la disposición estructural de las rocas. Cuando los estratos son horizontales, verticales o de inclinación opuesta al mar, se favorece la formación de acantilados abruptos; por el contrario, cuando las capas están inclinadas hacia el mar, producen pendientes más suaves, en favor de los planos de estratificación.

Esto se evidenció en los acantilados visitados, donde las disposiciones de los estratos presentan orientaciones similares, buzando en el sentido directo al mar. Además, se han notado la existencia de fallas y pliegues, que aportaron al debilitamiento del terreno.



**Figura 3.34 Clasificación de los resultados obtenidos de la susceptibilidad de degradación por amenazas naturales de los geomorfositos.**



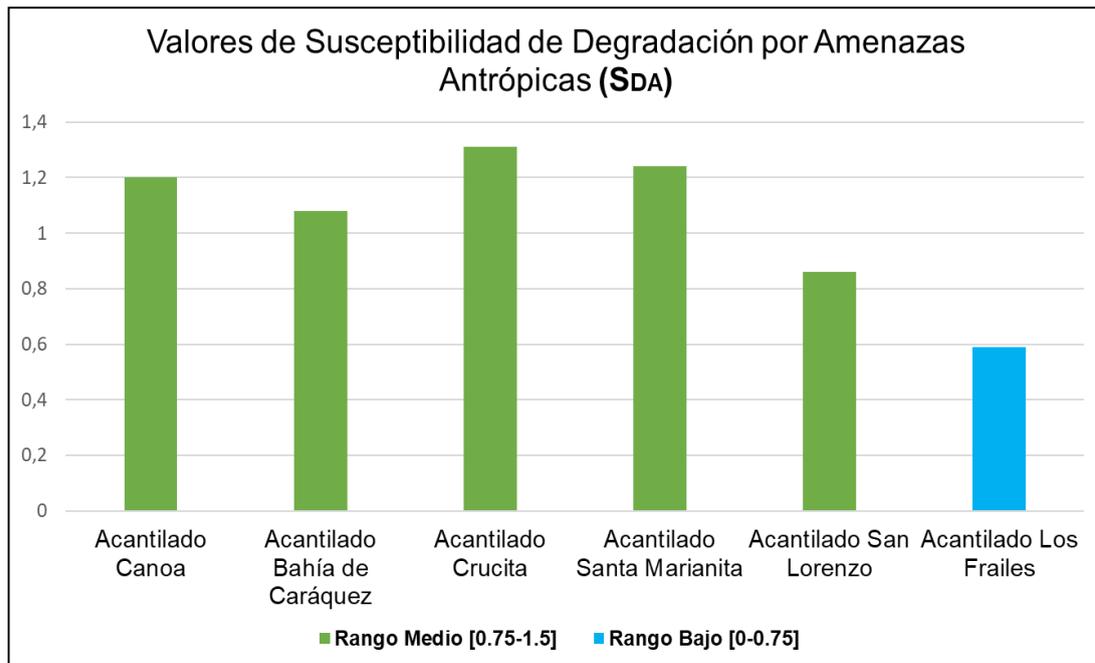
**Figura 3.35 a) Acantilado Canoa y b) Acantilado Bahía de Caráquez, geomorfositos de valor máximo en rango Alto; c) Acantilado Los Frailes, geomorfosito de valor mínimo.**

### 3.4.3 Evaluación de la Susceptibilidad de Degradación Antrópica

Los resultados obtenidos del análisis de susceptibilidad de degradación por amenazas antrópicas (**SDA**) realizado indicaron que: el 83.33% (5 de 6) geomorfositos presentan un valor medio con puntajes dentro (0.75-1.5), lo que representa que son acantilados que han resultado afectados por impactos antrópicos que están modificando a todo el sistema playa-acantilado.

El valor máximo alcanzado dentro del rango medio es 1.31 correspondiente al acantilado Crucita. Este actualmente se encuentra afectado por varios fenómenos como son la generación urbanística, ya que en el filo del acantilado se han construido varios edificios, que han provocado debilitamientos y deslizamientos en la zona. Además, se han implementado accesos a la playa que no solo permiten la circulación de peatones, sino también el acceso de vehículos en zonas de gran inestabilidad. En otros acantilados que también destacan como Canoa, Bahía de Caráquez, Santa Marianita y San Lorenzo, se nota la presencia de contaminación, donde se han implementado poco a poco deportes al aire libre, recorridos para la observación del paisaje y zonas de asentamiento humano (Figura 3.36).

Sin embargo, el 16.6% que representa a un solo geomorfosito, obtuvo como valor mínimo 0.59 correspondiente a Los Frailes, ubicado dentro del rango bajo con valores ( $<0.75$ ), debido a las políticas de conservación que se están aplicando. Donde se evidencia que ha sufrido poca contaminación, debido a que no se pueden realizar actividades de recreación y existen controles para evitar su degradación (Figura 3.37).



**Figura 3.36 Clasificación de los resultados obtenidos de la susceptibilidad de degradación por amenazas antrópicas de los geomorfositos.**

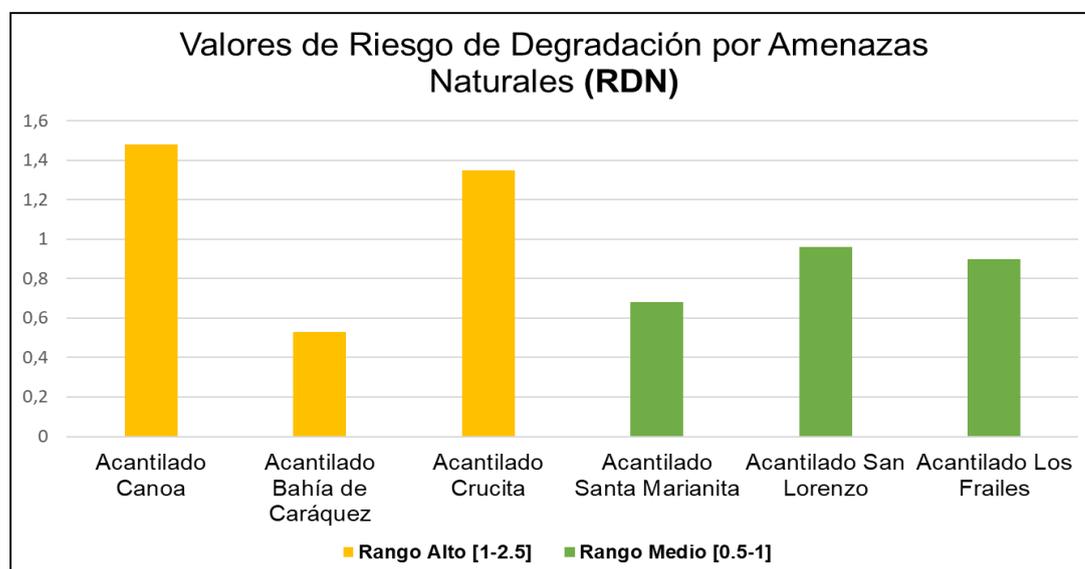


**Figura 3.37 Geomorfositos afectados por amenazas antrópicas. a) Acantilado Crucita; b) Acantilado Canoa; c) Acantilado San Lorenzo.**

#### 3.4.4 Evaluación del Riesgo de Degradación ( $R_{DN}$ , $R_{DA}$ )

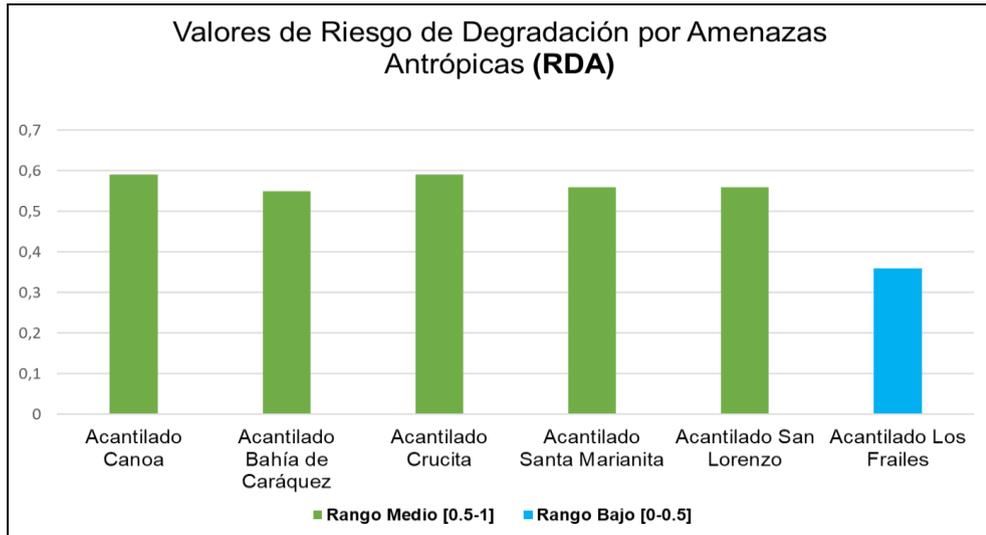
Los resultados obtenidos dentro del parámetro de riesgo de degradación, asocian los valores de susceptibilidad de degradación mencionados anteriormente. Donde para el riesgo de degradación por amenazas naturales ( $R_{DN}$ ), se obtuvo que 3 de 6 geomorfositos que corresponden al 50% se encontraron dentro del rango Alto (1-2.5), destacándose Canoa (1.48), Bahía de Caráquez (1.53) y Crucita (1.35). Indicando que son lugares que debido a las

amenazas naturales a las que están sometidos, han sido víctimas de daños significativos que afectan a la morfología de los acantilados. Por lo que, son considerados como objetos que requieren de algunas medidas de protección a corto plazo. Los 3/6 geomorfositos restantes que representan el otro 50% y se encuentran dentro del rango Medio (0.5-1) son: Santa Marianita (0.68), San Lorenzo (0.96) y Los Frailes (0.9). Los cuales requieren de medidas de protección a un plazo más largo, ayudando a que se conserven sus características geológicas y puedan ser aprovechados en el desarrollo geoturístico de la provincia (Figura 3.38).



**Figura 3.38 Clasificación de resultados del riesgo de degradación por amenazas naturales.**

Los resultados obtenidos del riesgo de degradación por amenazas antrópicas (RDN), indicó que debido a que son susceptibles a fenómenos antrópicos provocados por el hombre, requieren de medidas necesarias para la protección del patrimonio. Es por eso que, en las visitas realizadas se evidenció deslizamientos y materiales acumulados producto del transporte. Además, se logran observar tramos de acantilado que han cedido, pérdida de vegetación y problemas de accesibilidad. Dentro del rango Medio (0.5-1) se encuentran 5 de 6 geomorfositos representando el 83.33% del total. Y el 16.66% restante que corresponde a un geomorfosito denominado Los Frailes, está en el rango Bajo (< 0.5), lo que indica no necesita de medidas de protección urgentes ya que, se encuentra en un estado de conservación favorable (Figura 3.39).



**Figura 3.39 Clasificación de resultados del riesgo de degradación por amenazas antrópicas.**

### 3.5 Planteamiento de estrategias geoturísticas.

Las estrategias que se plantean en la Tabla 3.11, están creadas bajo un análisis FODA, recogiendo las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de los geomorfositos propuestos.

**Tabla 3.11 Análisis FODA del área de estudio. La matriz combina características internas identificadas por las letras (F) y (D) y características externas identificadas por las letras (O) a (A)**

<p>Ambiente Interno</p> <p>Ambiente Externo</p>	<b>Fortalezas (F)</b>	<b>Debilidades (D)</b>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Valioso patrimonio geológico y geomorfológico.</li> <li>2. Gran variedad de recursos paisajísticos.</li> <li>3. Alto potencial de desarrollo geoturístico.</li> <li>4. Presencia de procesos erosivos que revelan estructuras geológicas para la observación, y el desarrollo de futuras investigaciones.</li> <li>5. Infraestructura vial de primer y segundo orden en buen estado.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Geoformas expuestas a la erosión antrópica y natural.</li> <li>2. Falta de conocimiento del potencial natural</li> <li>3. Falta de planes de conservación en geomorfositos.</li> <li>4. Inexistente promoción y folletería en torno al geoturismo.</li> <li>5. Inexistencia de señalética interpretativa en la mayoría de atractivos naturales.</li> </ol>
<b>Oportunidades (O)</b>	<b>Estrategias: F+O</b>	<b>Estrategias D+O</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Desarrollar proyectos específicos en la zona geológica, para el desarrollo de comunidades aledañas.</li> <li>b. Interés de entidades gubernamentales para potenciar recursos naturales.</li> <li>c. Promoción de geomorfositos para incrementar la economía local.</li> </ol>	<p>(3-c) Diseñar propuestas de valorización y promoción de geomorfositos que ilustren la importancia del medio</p> <p>(5-b) Creación de acceso para visita y observación de los recursos geomorfológicos.</p> <p>(3-a) Generar conciencia en la comunidad sobre los geomorfositos y su importancia en el sector geoturístico.</p>	<p>(1-a) Capacitar a la comunidad y entidades de turismo sobre la importancia de promover los recursos geológicos. (4-c) Creación de paneles informativos y material de promoción que evidencien las características más importantes que resaltan en el geomorfosito.</p> <p>(5-c) Adecuar accesos para garantizar el aprovechamiento geoturístico.</p>
<b>Amenazas (A)</b>	<b>Estrategias: F+A</b>	<b>Estrategias: D+A</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Falta de recursos económicos privados para la realización de proyectos geoturístico.</li> <li>b. Constantes afectaciones por fenómenos naturales y cambios climáticos agresivos.</li> <li>c. Competencia potencial.</li> </ol>	<p>(1-a) Generar proyectos de investigación que resalten mediante financiación de organismos públicos y privados.</p> <p>(4-b) Implementar medidas de protección ante amenazas naturales para la protección del patrimonio geológico.</p> <p>(3-c) Promover el reconocimiento de los geomorfositos mediante cooperación con entes gubernamentales.</p>	<p>(3-b) Generar campañas de acompañamiento por expertos en temas de preservación y conservación que ayuden a prevenir el deterioro y mejoren la calidad turística.</p> <p>(2-a) Implementar programas que cultiven fondos destinados a la evaluación de los elementos geológicos.</p>

### 3.5.1 Propuesta de Itinerario o Georuta

A partir de los datos descritos, el estudio propuso la creación de un itinerario geológico con interés geomorfológico como principal estrategia para la promoción del desarrollo del geoturismo. Para esta consideración se propuso seguir un modelo sistemático que recopila una serie de fases adecuadas para la interpretación y promoción del patrimonio (Figura 3.40).



Figura 3.40 Diseño de propuesta de georuta.

#### Identificación del espacio general:

El itinerario geológico o georuta fue planteado para ser aplicado en la provincia de Manabí, en los cuatro cantones más afectados por el sismo 16A (San Vicente, Sucre, Portoviejo, Manta y Puerto López).

#### Identificación de actores y aliados estratégicos:

Los actores beneficiados de la creación de esta georuta son los representantes municipales, oficinas de turismo y habitantes de la comunidad, que requieren de una fuente de trabajo basado en promover los recursos geológicos al público.

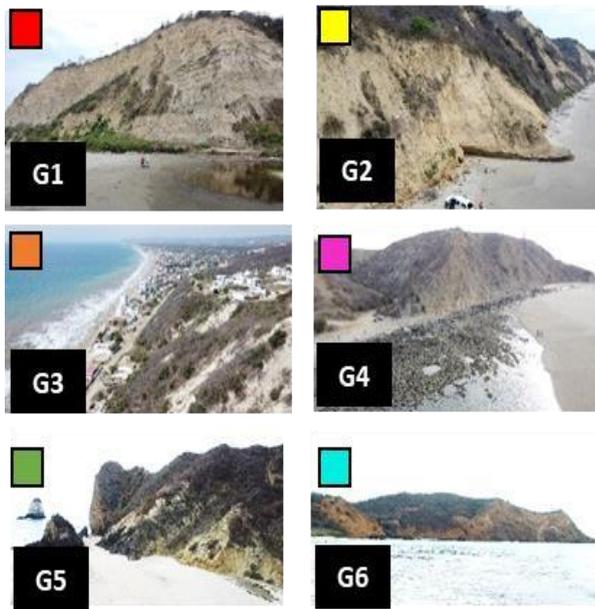
**Planteamiento de la ruta:**

La georuta # 01, denominada "Ruta Acantilados del Sol", incluyó geositios de distinguido valor geológico más notables de la zona. Presenta dos accesos uno desde el Norte y otro desde el Sur de Manabí. El acceso A parte desde la provincia de Esmeraldas, donde se pueden encontrar seis paradas: G1 (Acantilado Canoa); G2 (Acantilado Bahía de Caráquez); G3 (Acantilado Crucita); G4 (Acantilado Santa Marianita); G5 (Acantilado San Lorenzo); G6(Acantilado Los Frailes). El acceso B proviene desde la provincia del Guayas, en este trayecto se podrán visitar seis geomorfositos comenzando por G6 (Acantilado Los Frailes); G5 (Acantilado San Lorenzo); G4 (Acantilado Santa Marianita); G3 (Acantilado Crucita); G2 (Acantilado Bahía de Caráquez); y finalmente G1 (Acantilado Canoa).

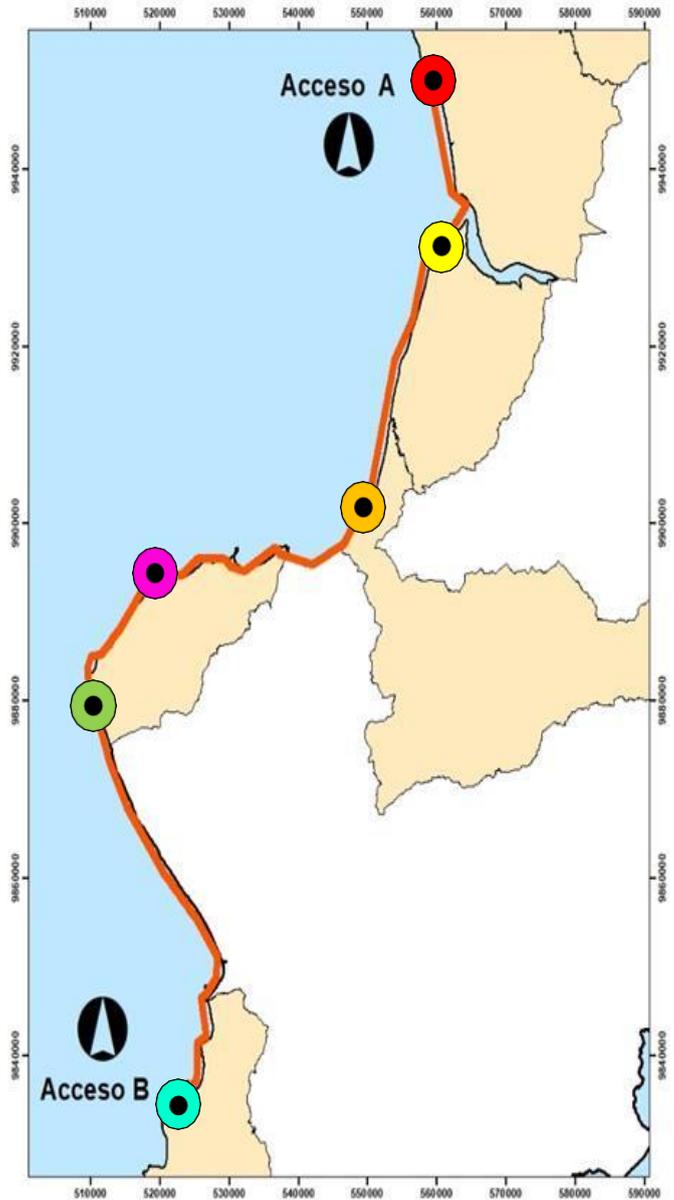
**Identificación de recursos:**

La georuta "Ruta Acantilados del Sol" cumplió con los siguientes criterios:

- Los turistas pueden acceder a cada geomorfosito seleccionado en su propio vehículo, está diseñado para recorrer 224km en 2 o 3 días con un tiempo estimado de 5 h 30 min.
- Existe una infraestructura con alojamiento y restaurantes a corta distancia.
- Se ofrecen actividades turísticas y recreativas.
- Presenta una dificultad media por la distancia que hay que recorrer.



<p>Tiempo de recorrido <b>5 h30 min</b></p>	<p>Distancia de recorrido <b>224 Km</b></p>
<p>Nivel de Dificultad <b>Medio</b></p>	<p>Tiempo en días para la ruta <b>2 a 3 días</b></p>
<p>Atractivos y Servicios</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">MUSEO</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;">HOTEL</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"></div> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"></div> </div>	



<p><b>Leyenda</b></p> <p><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; border: 1px solid black; background-color: white;"></span> Manabí</p> <p><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #fde9d9; border: 1px solid black;"></span> Cantones</p>		<p><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: orange;"></span> Acantilado Crucita</p> <p><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: pink;"></span> Acantilado Santa Marianita</p> <p><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: green;"></span> Acantilado San Lorenzo</p> <p><span style="display: inline-block; width: 10px; height: 10px; border: 1px solid black; border-radius: 50%; background-color: cyan;"></span> Acantilado los Frailes</p> <p><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 2px; background-color: orange; border: 1px solid black;"></span> Ruta Acantilados del Sol</p>	<p style="text-align: center;"></p> <p style="text-align: center;">Zona 17 S Datum UTM WGS 89 Escala: 1: 500.000</p> <p style="text-align: center;">10 5 0 10 Km</p>	<p style="text-align: center;">Ruta Acantilados del Sol</p>
---	--	--	--	---

Figura 3.41 Diseño de itinerario geomorfológico en Manabí.

### **Adecuación del lugar:**

Para la adecuación de los geomorfositos fue necesario considerar algunas variables como (Anexo 8):

**Tabla 3.12 Análisis de costos para la implementación de una georuta en Manabí.**

<b>VARIABLES</b>	<b>OBJETOS</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO</b>
Infraestructura de ingreso	Adecuación de parking y zona de descanso.	6	\$1.000
Señalización y folletería	Pictogramas de señalización Folletos de promoción	10	\$ 1.200
Información turística del lugar	Panel de información (ubicación, atractivos cercanos, flora y fauna).	6	\$7.000
Información científica del lugar	Panel de información geológica, mapa y croquis.	6	\$7.000
Capacitación	Personal capacitado para brindar la información en cada geosito.	6	\$3.000
Promoción Georuta	Creación de sitio web y manejo de redes sociales de georuta	1	\$3.000
<b>TOTAL</b>			<b>\$22.200</b>

### **Promoción y divulgación:**

Para la promoción de la georuta planificada se propuso la creación de material de difusión basado en promover las características más importantes de cada geomorfosito. Para esto se planteó la elaboración de:

- Folletos de información turística
- Mapas de ubicación de rutas
- Folletos de información científica.

El material creado busca ser difundido a través de la comunicación por medio de entes personales e impersonales. Entre los primeros se encuentran principalmente la comunicación en oficinas de turismo, agencias de viaje y los impersonales la televisión, sitio web y redes sociales. Con el fin de poder llegar a turistas nacionales e internacionales que disfruten del potencial geoturístico de la provincia y ayuden al desarrollo económico.

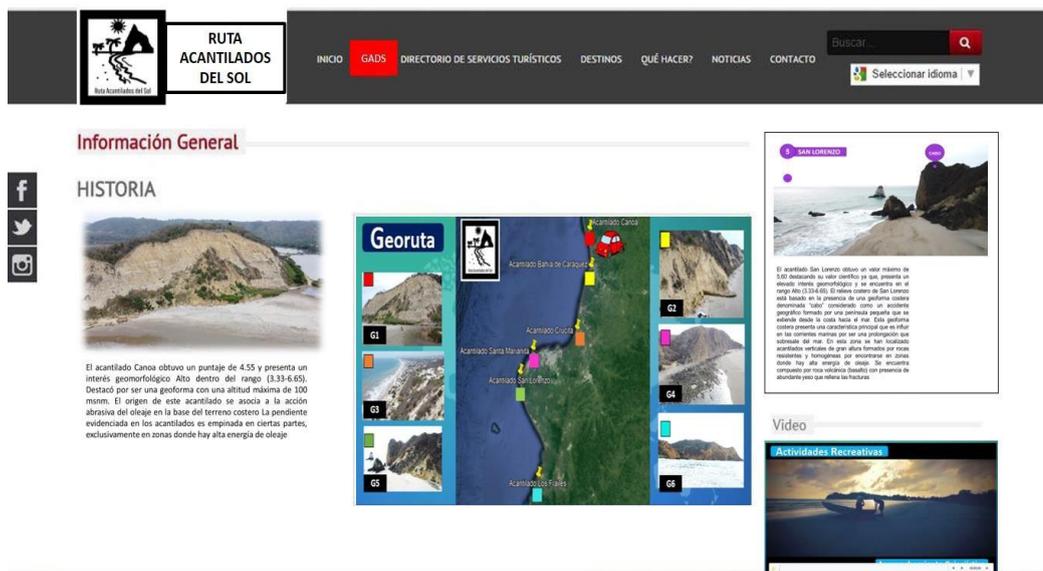


Figura 3.42 Diseño de sitio web y folletería de la georuta.

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1 Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de los estudios y análisis realizados en este trabajo han permitido llegar a las siguientes conclusiones:

En cuanto a los cambios y alteraciones en los acantilados de la provincia de Manabí se puede concluir que son muy heterogéneos y su morfología tiene una relación directa con la litología y la estructura de las rocas que la componen. La cartografía geomorfológica elaborada permitió definir la presencia de formas asociadas a la dinámica litoral, gravedad y fluviales. Dentro de las formas asociadas a procesos de gravedad, se identificaron desprendimientos, flujos superficiales, deslizamientos y movimientos complejos, a causa de factores como la erosión marina, las precipitaciones y la presencia de sismos que debilitaron al acantilado. Uno de los posibles ejes detonadores es el terremoto del 16A, ocasionando una serie de desprendimientos que hoy se observan. Este fenómeno se ha evidenciado en el análisis del retroceso implementado, donde luego de la comparación de las imágenes tomadas de Google Earth de los años 2013, 2014, 2017 y 2018 se estableció que la tasa de retroceso mínima alcanzada en promedio es de 0.53 m/año y la máxima de 1 m/año.

En cuanto a la consideración de los acantilados como geositios, la evaluación basada en la metodología IELIG, por parte de expertos permitió concluir que el 100% de los acantilados considerados geomorfositos alcanzaron valores dentro del rango Alto en cuanto a los intereses científico, didáctico y turístico. El análisis de susceptibilidad de degradación de amenazas naturales reflejó que el 100% se encuentra dentro del rango Alto, debido a la exposición y las amenazas a las que están sometidos como: sismos, precipitaciones y erosión.

En relación a la susceptibilidad por amenaza antrópica solo un geomorfosito resulto el menos afectado por presentar medidas de protección que permiten conservarlo. Los cinco restantes se localizaron en el rango Medio, ya que, se ubican cerca de infraestructuras. Todos los geomorfositos reúnen las condiciones necesarias para el desarrollo del geoturismo, tales como accesibilidad y conectividad, otras actividades recreativas asociadas, instalaciones y servicios turísticos y estado de conservación. El riesgo de degradación que debe considerarse para cada uno de los geomorfositos propone la implementación de medidas de protección urgentes para algunos como Canoa, Bahía de Caráquez y Crucita, y para otros a largo plazo como Santa Marianita, San Lorenzo y Los Frailes

El análisis FODA realizado muestra que una de las mayores fortalezas de los geositos es su valor geológico y geomorfológico, junto con las conexiones históricas y culturales, a través de las cuales podrían ofrecer excelentes oportunidades para fomentar el geoturismo e impulsar la economía de la provincia de Manabí y del país. Una estrategia clave son los proyectos de promoción del geoturismo basados en itinerarios de viaje (como el sugerido “Ruta Acantilados del sol”, el cual busca que el turista pueda descubrir los geositos, su paisaje, su cultura y disfrutar una experiencia única de conocimiento, protección y desarrollo sostenible.

## 4.2 Recomendaciones

- Para un correcto análisis geomorfológico y con el fin de poder establecer de manera correcta las superficies afectadas por los fenómenos de remoción de masa se recomienda utilizar ortofotografías ya que brindan mejor calidad, ausencia de sombras y mejor detalle en la identificación de los elementos.
- Se recomienda que los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) de la zona norte y sur de Manabí promotores del desarrollo sostenible de sus recursos establezcan lazos con el GAD Provincial, Ministerio de Turismo y comunidades locales, que coadyuve a toda iniciativa o proyecto para el proceso de la creación de georutas utilizando el potencial geoturístico que tiene la zona.
- Finalmente, se recomienda implementar la presente propuesta de georuta de acantilados, llevando a cabo un seguimiento y evaluación constante del mismo para así conseguir generar una actividad sostenible y aportar con el geoturismo de algunos cantones de la provincia de Manabí.

# BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Apolo, C., & Correa-Quezada, R. (2016). Dimensión territorial del potencial de desarrollo de los cantones del Ecuador. *Paradigma Económico*, 8(2), 85-110.
- Álava, M. I. (2018). "El turismo en la reactivación económica de la provincia de Manabí, Año 2017." Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Almazán, A. (2017). *Peligros geológicos por fallas y grietas en la Zona Metropolitana del Valle de Toluca con base en un estudio morfoestructural*. Universidad Autónoma del Estado de México, México.
- Almeida, M. de la P. (2010). *Instructivos de procesamientos de información hidrometeorológica*. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.
- Alvarez Córdova, V., Benítez Acosta, S., & Ordóñez Fiallos, M. (2002). *Evolución Tectono-Sedimentaria Plio-Cuaternaria de la zona entre Santa Rosa y San José, Provincia de Manabí*. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador.
- Arroyo, M. (2018). Importancia del turismo para el desarrollo local de la provincia Manabí. *Revista Electrónica Cooperación Universidad Sociedad*, 3(44-49).
- Ayala-Granda, A., Carrión-Mero, P., Paz-Salas, N., Herrera-Franco, G., Morante-Carballo, F., & Gurumendi-Noriega, M. (2020). Registration and valuation of geomorphosites in the southern area of the hidden oute, as an alternative to promote landscape geoconservation in the Caran ui-Ecuador region. *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology, July, 29-31*.
- Benítez, S. (1995). *Evolución Geodinámica de la provincia costera sur-ecuatoriana del Cretáceo Superior-Terciario*. Universidad Joseph Fourier de Grenoble, Francia.
- Berzueteta, E., Sánchez-Cortez, J. ., & Aguilar-Aguilar, M. (2021). Inventory and Characterization of Geosites in Ecuador: a Review. *Geoheritage*, 13(4), 93.
- Bravo, E. (2017). *El sismo del 16 de abril en Manabí visto desde la Ecología Política del desastre The April's earthquake in Manabí from the disaster Political Ecology. electrónico*(26), 1390-3837.
- Cantos, A. (2020). *El turismo de aventura como alternativa para el desarrollo turístico de la cominidad Ayampe, Puerto Lopez*. (Issue 05). Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí.

- Carrión-Mero, P., Ayala-Granda, A., Serrano-Ayala, S., Morante-Carballo, F., Aguilar-Aguilar, M., Gurumendi-Noriega, M., Paz-Salas, N., Herrera-Franco, G., & Berrezueta, E. (2020). Assessment of geomorphosites for geotourism in the northern part of the “ruta escondida” (Quito, Ecuador). *Sustainability (Switzerland)*, 12(20), 1-23.
- Carrión-Mero, P., Morante-Carballo, F., Herrera-Franco, G., Maldonado-Zamora, A., & Paz-Salas, N. (2020). The context of Ecuador’s world heritage, for sustainable development strategies. *International Journal of Design and Nature and Ecodynamics*, 15(1), 39-46.
- Cartaya, S., Zurita, S., & Montalvo, V. (2016). Métodos de ajuste y homogenización de datos climáticos para determinar índice de humedad de Lang en la provincia de Manabí, Ecuador. *Revista La Técnica*, 16, 94-106.
- Carvajal Zambrano, G. V., & Lemoine Quintero, F. A. (2018). Análisis de los atractivos y recursos turísticos del cantón San Vicente. *El Periplo Sustentable*, 34, 164-184.
- Castedo, R. (2012). *Modelización de costas rocosas acantiladas*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid-España.
- Castillo Campo, Y. (2017). *Actividad por procesos de ladera en la costa Asturiana*. Tesis Pregrado, Universidad de Oviedo, Asturias-España.
- Cendrero, A., Sánchez, A., & Zazo, C. (2005). Impactos sobre las zonas costeras. In *Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático* (Centro de, pp. 9-15).
- Chacón, J. (2012). Landslides: classification, description and temporal and spatial evolution. *Revista de Geología Aplicada a La Ingeniería y Al Ambiente.*, 28, 73-89.
- Chunga, K. (2014). *Geología de superficie en el terreno donde se construirá el muelle Basjar en Jaramijó, Manabí*. Accedido el 4 de octubre, desde <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.36110.87361>
- Chunga, K. (2016). Estudio de geología de superficie y subsuelo para el “ estudio geotécnico y de riesgo sísmico de la zona Tarqui de la ciudad de Manta de acuerdo a la Norma Ecuatoriana de la Construcción. *Geoestudios*, September2016, 1-55.
- Chunga, K., Livio, F. A., Martillo, C., Lara-Saavedra, H., Ferrario, M. F., Zevallos, I., &

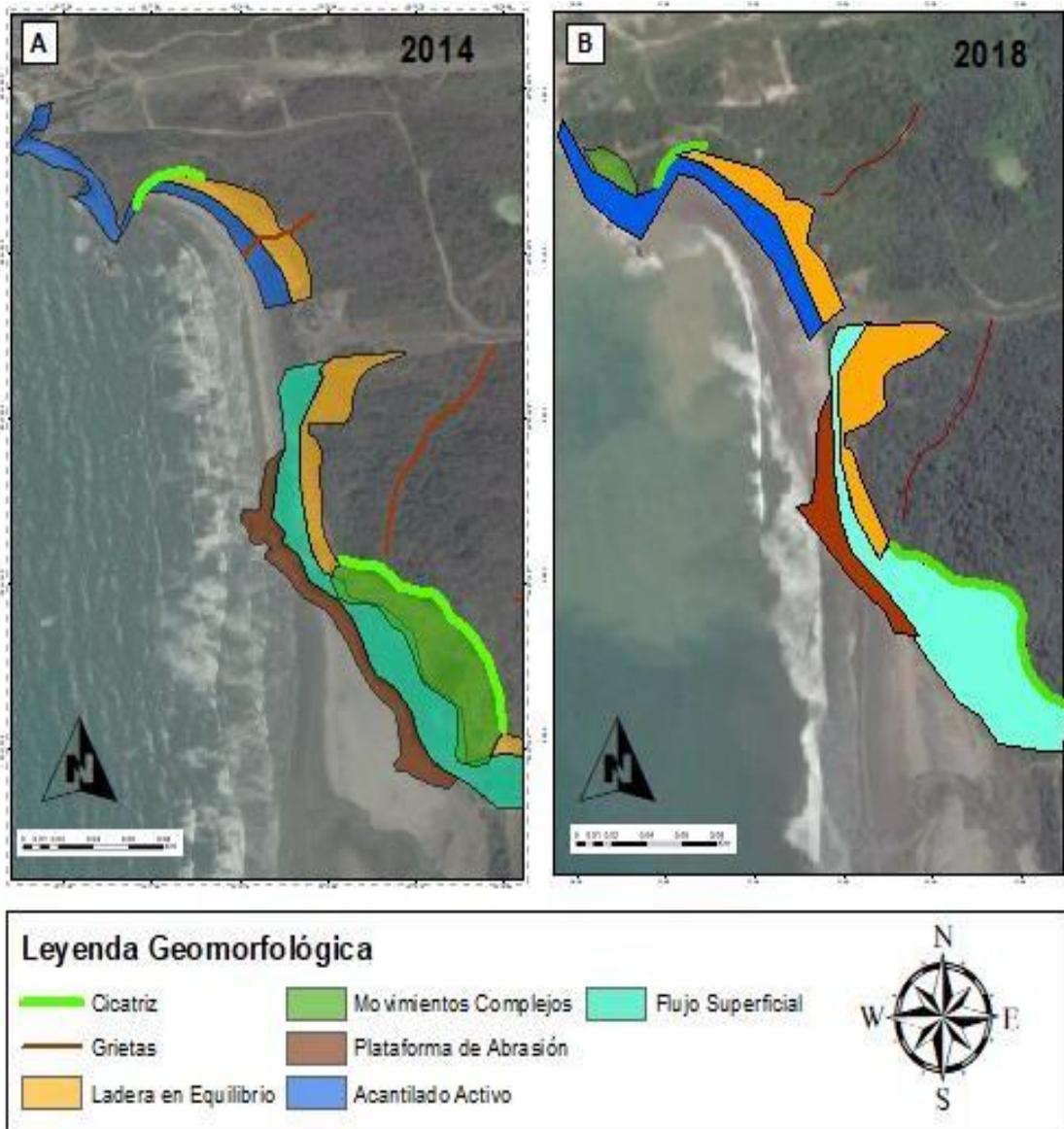
- Michetti, A. M. (2019). Landslides Triggered by the 2016 Mw 7.8 Pedernales, Ecuador Earthquake: Correlations with ESI-07 Intensity, Lithology, Slope and PGA-h. *Geosciences*, 9(9), 371.
- Contreras, M., Cevallos, J., Erazo, T., Alday, M., & Mizobe, C. (2014). Cambio y variabilidad climática contemporánea en la costa de Manabí, Ecuador. *Revista La Técnica*, 13, 90-99.
- Dauteuil, O. (2011). *Cuantificación relativa del levantamiento de la cordillera costera ( Ecuador ) : resultados preliminares a partir de geomorfología cuantitativa* (Issue January). Departamento de Geología, Tesis Pregrado. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador.
- De Andrade Meireles, A., & Rubio, P. (2016). Geomorfología litoral: una propuesta metodológica sistémica en la llanura costera de Ceará, nordeste de Brasil. *Revista de Geografía*, 3, 165-182.
- Díaz Castro, J. (2013). *Caracterización geológica y geofísica de la zona oeste de la concesión minera, Mompiche, ubicada en la provincia de Esmeraldas, cantón Muisne, recinto Mompiche*. Tesis Pregrado. Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.
- Domínguez-Cuesta, M., Ferrer Serrano, A., Rodríguez Rodríguez, L., López- Fernández, C., & Jiménez-Sánchez, M. (2020). Análisis del retroceso de la costa cantábrica en el entorno del Cabo Peñas (Asturias, N España). *Geogaceta*, 68, 63- 66.
- Duque, G. (2017). Movimientos Masales. In U. N. de Colombia (Ed.), *Manual de Geología para Ingenieros* (p. 32).
- Félix, L. (2017). *Geocronología de la Formación Cayo (K2) en Cerro Guayabal Provincia de Manabí*. Tesis Pregrado, Universidad de Guayaquil.
- García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz- Martínez, E., & Vegas, V. (2018). *Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG)*
- García-Hernández, C., Ruiz-Fernández, J., Fernández, A., & Gallinar, D. (2017). La Playa d´ El Gavieiru (Asturias, Noroeste de España) como enclave geomorfológico de interés didáctico. *Veguet. Anuario de La Facultad de Geografía e Historia.*, 17, 401-419.
- González, A., & Moñino, M. (2000). Fotointerpretación geomorfológica aplicada al

- estudio de la evolución del relieve. *Enseñanza de Las Ciencias de La Tierra*, 8(1), 23- 31.
- González, J., & Serrano, E. (2008). "La valoración del Patrimonio Geomorfológico en Espacios Naturales Protegidos. Su aplicación al Parque Nacional de los Picos de Europa". *Boletín de La Asociación de Geógrafos Españoles*, 47, 175-194.
- Gracia, F. ., & Del Rio, L. (2007). Análisis de la vulnerabilidad de los acantilados atlánticos de la provincia de Cádiz ante la erosión costera. *Revista C & G*, 21(1-2), 87-101.
- Gutscher, M. ., Malavielille, J., Lallemand, S., & Collot, J. . (1999). Tectonic segmentation of the North Andean margin: impact of the Carnegie Ridge collision. *Earth and Planetary Science Letters*, 255-270.
- Hierro, E., & Islands, C. (2019). Formación de " puntas " y " arcos de piedra " en las plataformas lávicas de la costa de El Hierro ( Islas Canarias ) Formation of headland or " puntas " and " sea arches " in the lava platforms of the El Hierrocoast ( Canary Islands ). *GeoGaceta*, 65, 3-6.
- Ibarra, D., & Belmonte, F. (2017). *Comprendiendo el litoral: Dinámica y procesos* (E. de la U. de Murcia (ed.); Issue December). Accedido el 17 de noviembre desde <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2017/12/IbarraBelmonte.pdf>
- Idárraga-García, J., Posada, B. O., & Guzmán, G. (2011). Geomofología de la zona costera adyacente al piedemonte occidental de la Sierra Nevada de Santa Marta entre los sectores de pozos colorados y el río Córdoba, Caribe Colombiano. *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras*, 40(1074), 41-58.
- Jos, W. (2018). *Geomorfología del margen costero de la provincia Manabí y su vulnerabilidad ante la ocurrencia de tsunamis*. August. Accedido el 25 de diciembre desde <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17969.22884>.
- Julieth, K., & Chang, R. (2017). *Relevamiento y correlación geológica del sector oriental del puerto de Manta, provincia de Manabí, Ecuador*. Tesis Pregrado.Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil-Ecuador.
- López, I. (2016). *Clasificación Morfológica de las playas y modelado del perfil transversal en Valencia, Alicante y Murcia*. Tesis de Grado. Universidad de Alicante, España.
- Mendoza, J. A., Garcia, K. E., Salazar, R. E., & Vivanco, I. M. (2019). La Economía de Manabí (Ecuador) entre las sequías y las inundaciones. *Revista Espacios*, 40(16), 10.

- Palacio-Prieto, J. L. (2013). Geositios , geomorfositos y geoparques: importancia , situación actual y perspectivas en México. *Investigaciones Geográficas: Boletín Del Instituto de Geografía*, 2013(82), 24-37.
- Picard, X., & Goddard, D. (2014). Geomorfología y sedimentación de la costa entre cabo Codera y puerto Cabello. *Boletín Informativo*, 18(1), 39-93.
- Pou, A. (2014). *Relaciones entre los flujos hidricos superficiales y morfología de laderas. Un método sencillo de visualización*. Departamento de Ecología. Tesis de Grado. Universidad Autónoma de Madrid, España.
- Restrepo, I., Ojada, G., & Correa, I. (2007). Geomorfología de la plataforma somera del departamento de Córdoba, Costa Caribe Colombiana. *Boletín de Ciencias de La Tierra*, 20, 39-52.
- Reynard, E., & Panizza, M. (2007). Geomorphosites: definition, assessment and mapping. *Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement*, 3, 177-180.
- Rodríguez Pujol, E. (2011). Movimientos de la corteza y la gravedad. *Física de La Tierra*, 23(0), 149-171.
- Rudolph, E., & Szirtes, S. (1991). " El Terremoto Colombiano del 31 de Enero de 1906". *Publicaciones Ocasionales Del OSSO No. 1, 1, 1-34*.
- Santana, E., Dumont, J. F., & King, A. (2001). Cuantificación de la erosión costera en relacion a la formación de una plataforma de abrasión en el sector de Punta Gorda, Esmeraldas. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 11(1), 1-5.
- Schillizzi, R. A. (2014). Morfología de la costa atlántica entre Punta Ninfas y Cabo Dos Bahías , Chubut , Argentina. *Revista Del Museo de La Plata*, 14(117), 1-15.
- SNET. (2008). *Introducción a la Geología Costera*. Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, El Salvador.
- Soledispa, B. (2014). Características geomorfológicas y sedimentológicas de la zona costera de Pedernales, en la provincia de Manabí. *Acta Oceanográfica Del Pacífico*, 19(2), 143-177.
- Strahler, A. . (1957). Quantitative analysis of watershed geometry. *Am. Geophys. Union Trans*, 38, 913-920.
- Suárez-Acosta, P., Cañamar-Tpan, C., Criollo, D., Vera-Zambrano, J., Galarza-Vega, K., Guevara-Álvarez, P., Fajardo-Cartuche, C., Garcés, K., Ochoa-Campoverde, C., Torres-Orellana, J., Rentería, W., Chunga, K., Padilla, O., Sinde, I., Simón- Baile, D., & Toulkeridis, T. (2021). Evaluation of seismic and tsunami resistance of

- potential shelters for vertical evacuation in case of a tsunami impact in Bahía de Caráquez, central coast of Ecuador. *Science of Tsunami Hazards*, 40, 1-37.
- Terán, A. (2019). *Turismo en la Parroquia Salango, cantón Puerto López, provincia de Manabí periodo 2013-2017*. Universidad de Guayaquil, Guayaquil-Ecuador.
- Toffani, M., Caselli, A., & Lothari Inaudi, L. (2019). Estudio De Los Acantilados Activos Y Del Campo De Dunas De Bahía Creek, Río Negro, Argentina, Como Base Para La Elaboración De Un Mapa De Peligro Geológico. *Revista de La Asociación Geológica Argentina*, 76(4).
- Vaca, S., Regnier, M., Bethoux, N., Alvarez, V., & Pontoise, B. (2009). Sismicidad de la región de Manta: Enjambre sísmico de Manta-2005. *Researchgate*, October 2015, 17.
- Villagrán, C. (2007). “ *Dinámica costera en el sistema de bahías comprendidas entre Ensenada Los Choros y Bahía Tongoy* ”. Universidad de Chile, Chile.
- Zambrano, C., Cedeño, R., Cruz, H., Andrade, T., Solórzano, K., Cevallos, R., Cedeño, F., Gilces, M., & Sánchez, L. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Manabí 2015-2024, Provincia del Milenio. Manabí-Ecuador*.
- Zavala, C., & Freire, H. (2016). Geología de los acantilados. *Researchgate*, June. Accedido de 30 de noviembre desde <https://www.researchgate.net/publication/304159719>

# APÉNDICES



Anexo 1: Análisis geomorfológico de acantilado Canoa.

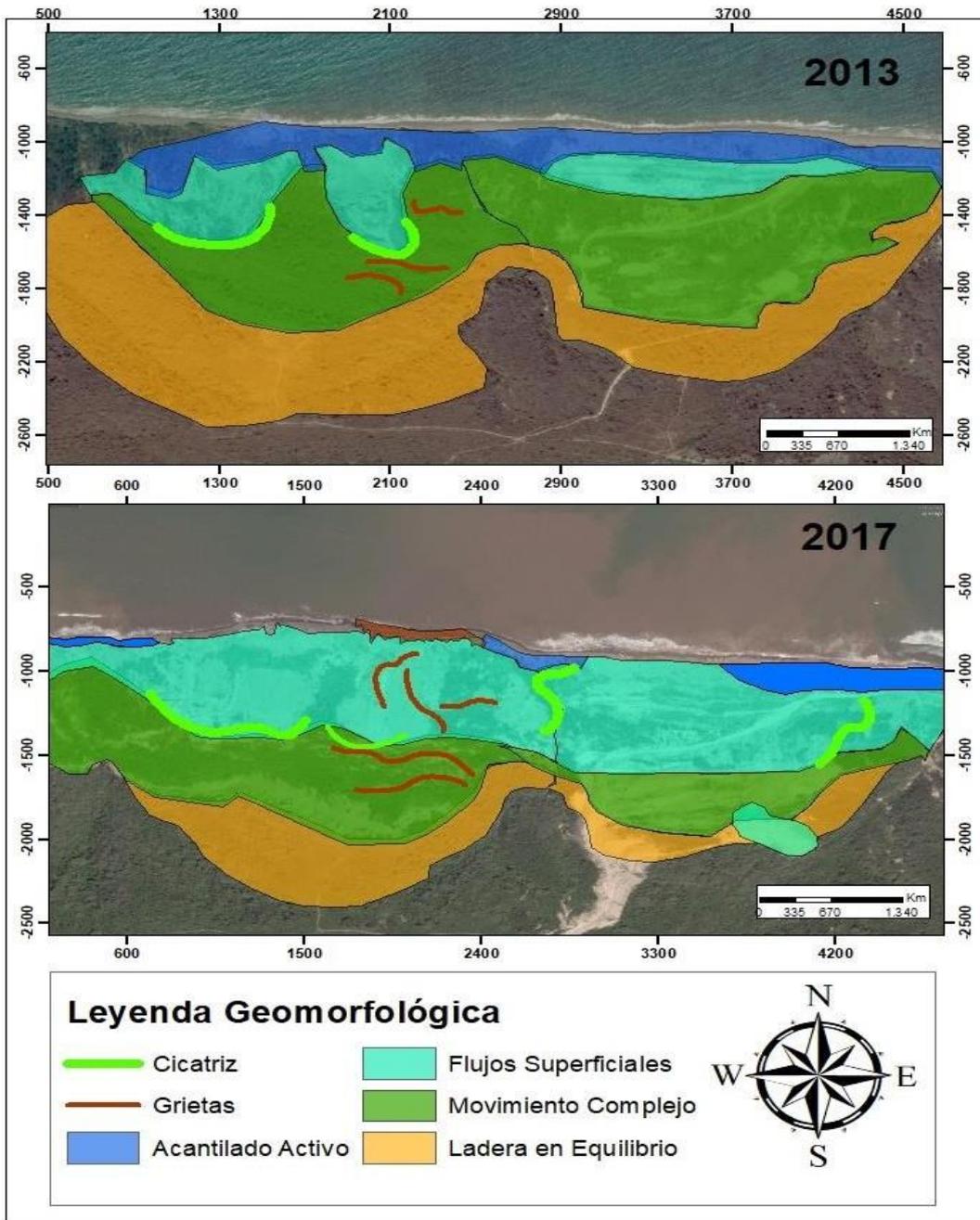


**Leyenda Geomorfológica**

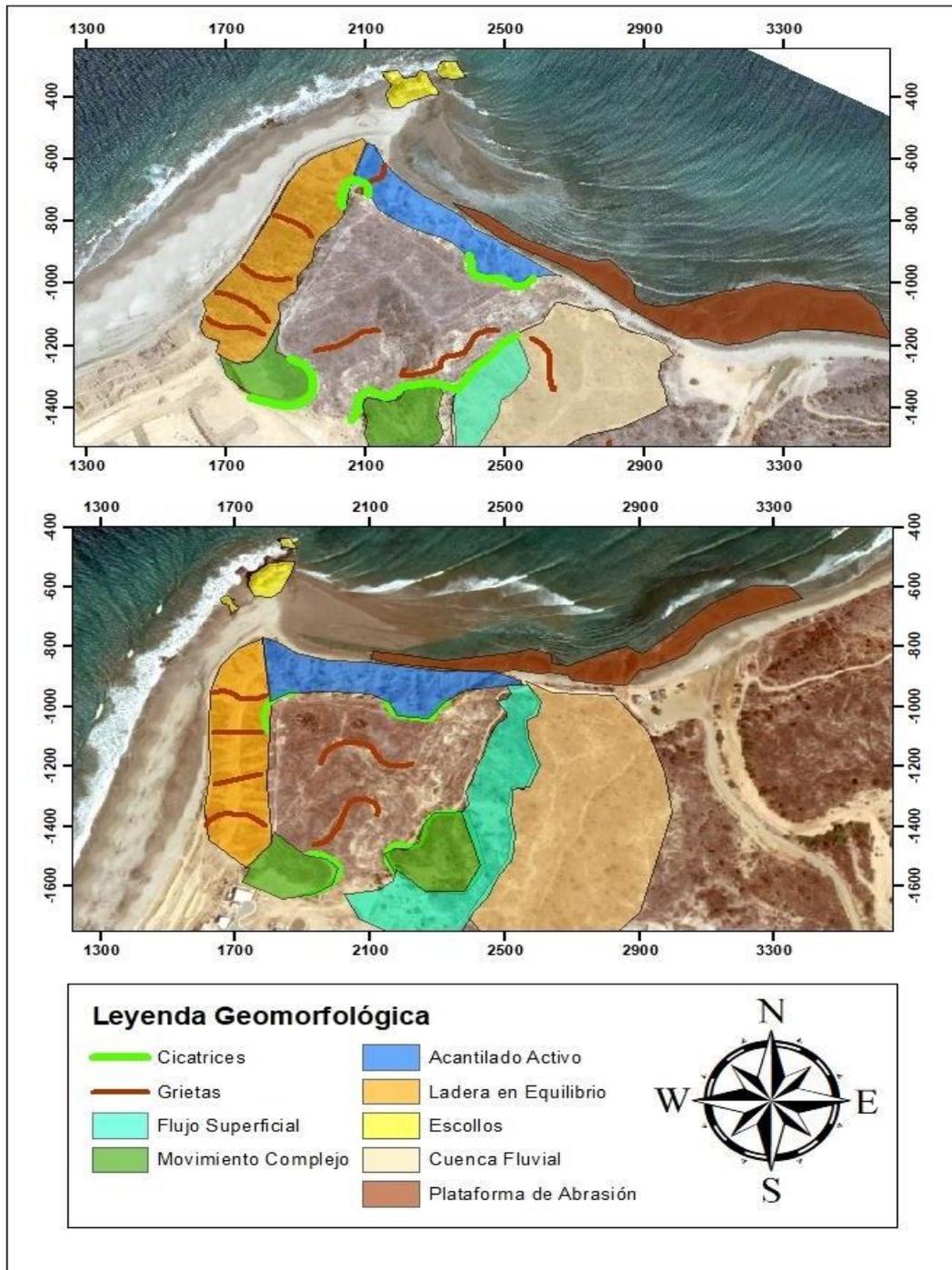
- |  |  |
|--|--|
|  Grietas              |  Plataforma de Abrasión |
|  Cicatriz             |  Movimiento Complejo    |
|  Acantilado Activo    |  Flujo Superficial      |
|  Ladera en Equilibrio |  Cuenca Fluvial         |



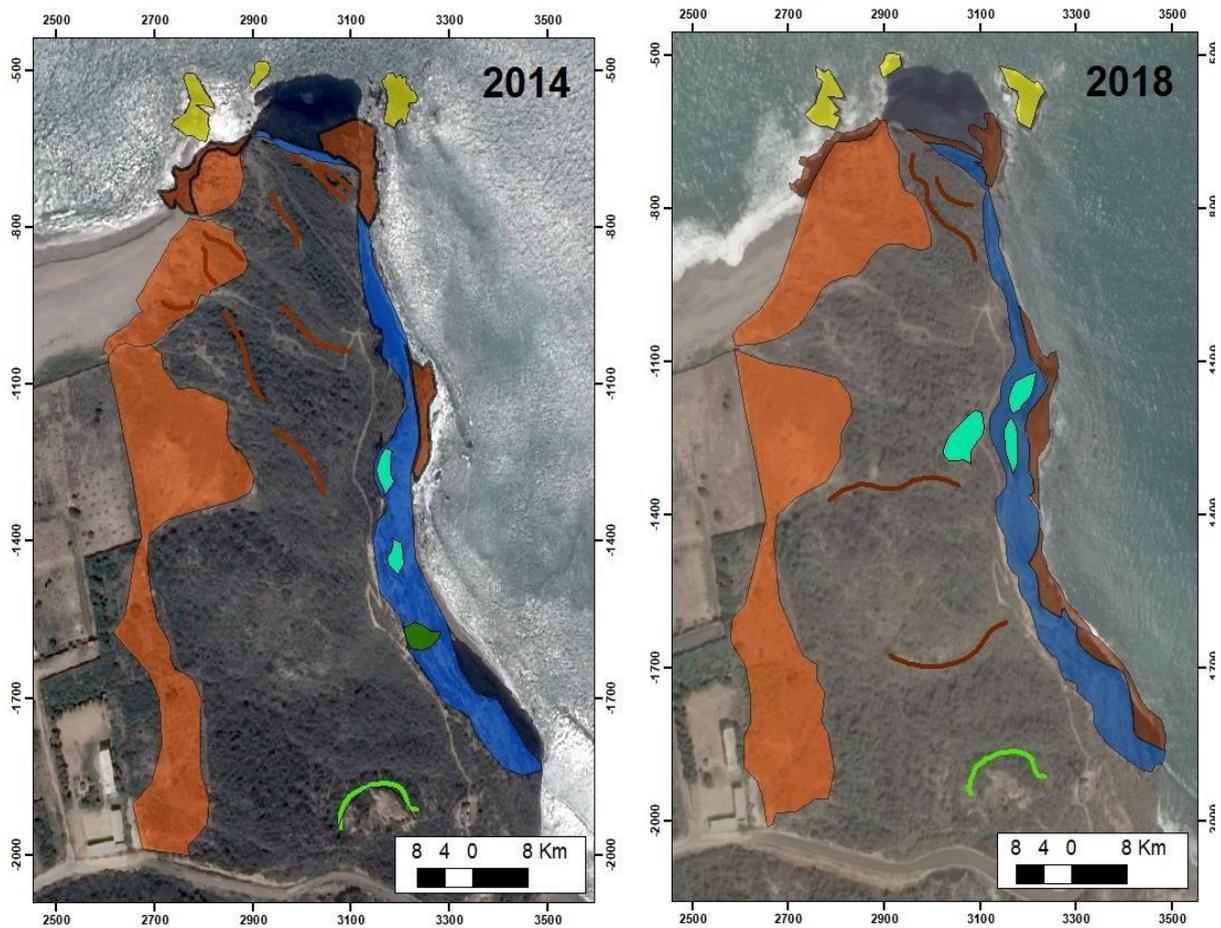
**Anexo 2: Análisis geomorfológico de acantilado Bahía.**



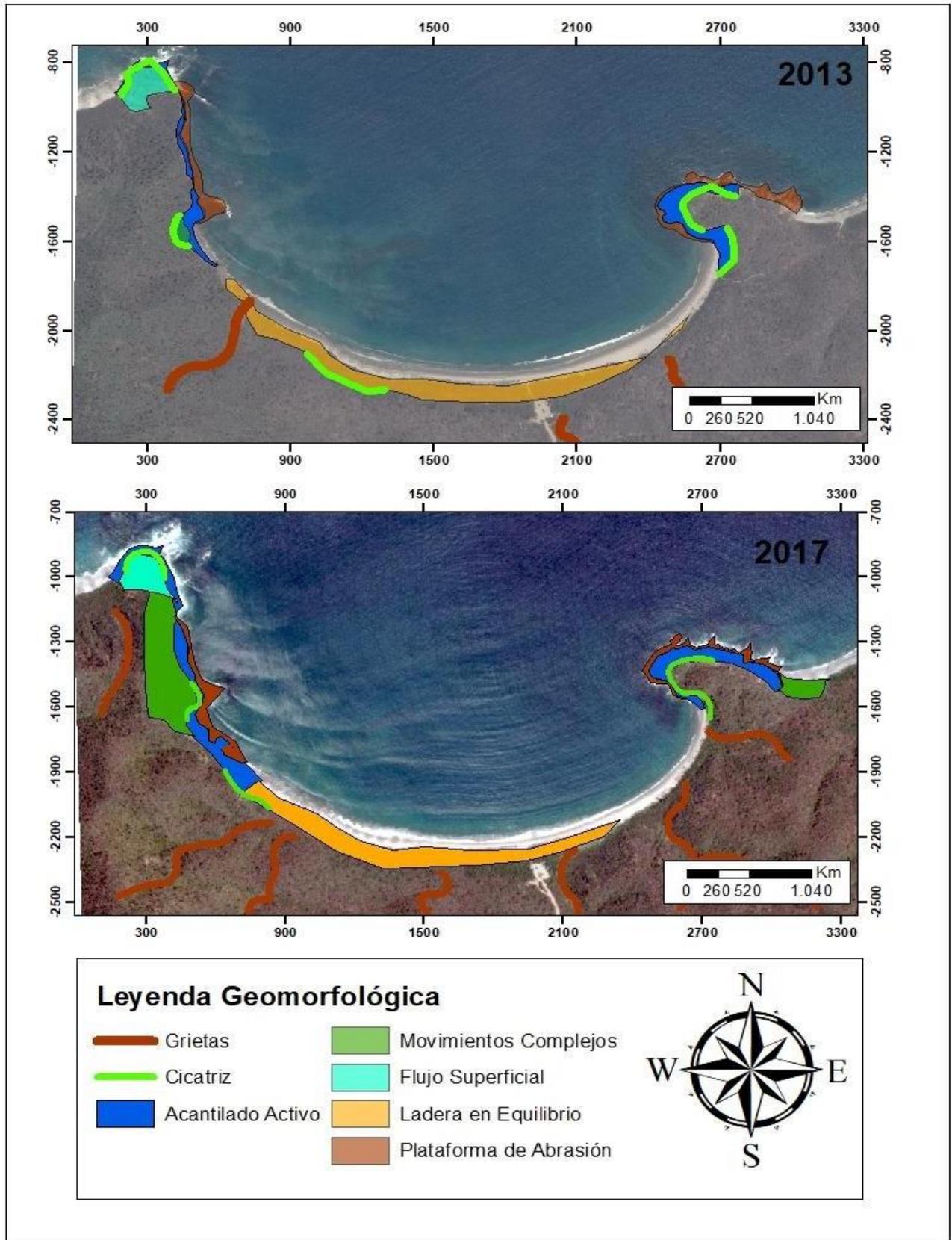
Anexo 3: Análisis geomorfológico de acantilado Crucita.



**Anexo 4: Análisis geomorfológico de acantilado Santa Marianita.**



**Anexo 5: Análisis geomorfológico de acantilado San Lorenzo.**



Anexo 6: Análisis geomorfológico de acantilado Los Frailes.

# Montañas do Courel Geoparque Mundial de la UNESCO



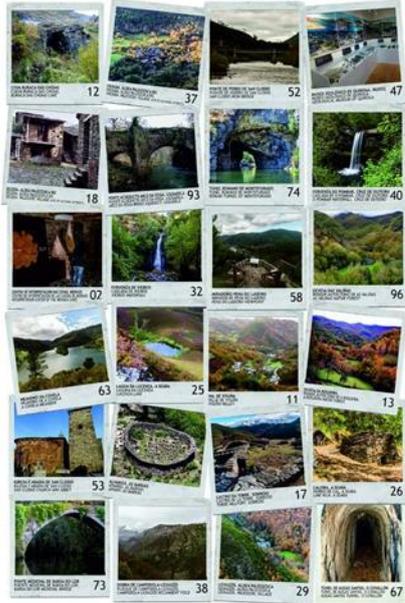
El Geoparque Mundial de la UNESCO Montañas do Courel (2009) representa la naturaleza y cultura tradicional de Galicia, así como la indisoluble unión de los huertos con la geología. Sus montañas son el símbolo de identidad de los habitantes de toda la comarca, cuya forma de vida está adaptada al medio natural y vocada en su defensa y aprovechamiento responsable.

Las investigaciones geológicas realizadas ya desde mediados del siglo XX constituyen la base del Geoparque Montañas do Courel, ubicado en pleno Macizo Báltico y formado fundamentalmente por pizarras y cuarcitas de edad Neoproterozoica y Carbonífera. El Geoparque atesora una gran geodiversidad, destacando el gran sinclinal tumbado de O Courel, declarado Geolocal Geosite (2016) y Monumento Natural (2012). Además, destacan numerosos registros estratigráficos y paleontológicos del Paleozoico y Cuaternario, así como yacimientos de oro, antimonio y hierro, todos ellos ocultos en un abrigado paisaje con profundas ríos y escarpadas laderas. En las zonas más elevadas se conservan la huella de los glaciares pleistocenos, así como lagunas y cuevas kársticas con

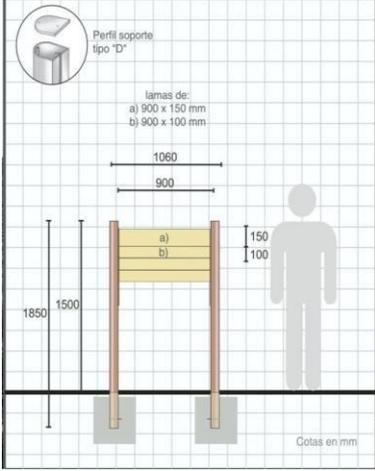
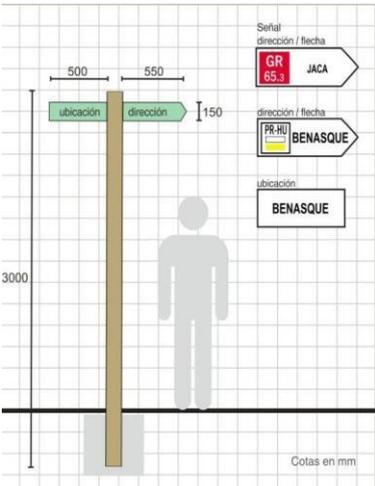
registros paleoambientales y paleoclimáticos de extraordinario valor. La mayoría de los rasgos geológicos guardan una estrecha relación con el patrimonio cultural, minero y etnográfico local, elementos que contribuyen a incrementar el valor del patrimonio geológico del Geoparque. Se trata, por tanto, de una de las zonas más diversas a nivel geológico del noroeste peninsular.

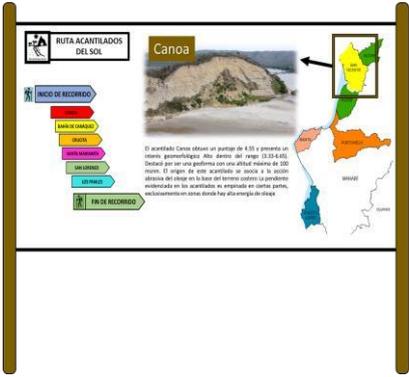
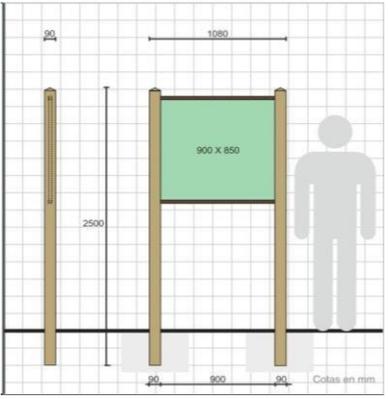
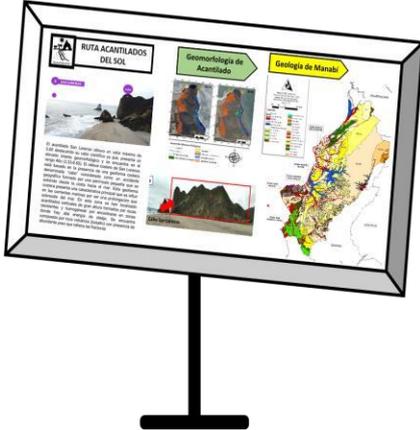
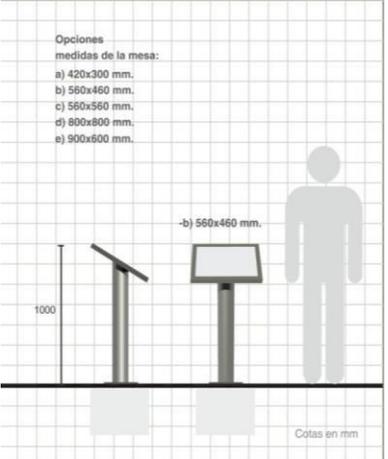
La estrecha relación entre la geología y el desarrollo humano se muestra ya desde época prehistórica y romana (I d.C.), con 98 explotaciones auríferas y un túnel de 120 m de largo para drenar el río S4. Además, destacan quince herrerías (XV-XIX) alimentadas por productores de carbón vegetal y las minas de hierro locales, 22 hornos de cal cercanos a las formaciones calizas cambrias y ordovicianas, y por supuesto la pizarra, materia prima para la construcción desde el medieval y actual motor económico del territorio. Todo esto complementa el rico y variado patrimonio histórico y etnográfico del primer Geoparque Mundial de la UNESCO de Galicia, aquí, en las Montañas do Courel.

<https://www.facebook.com/CourelMontañasGeopark/>



## Anexo 7: Asistencia y colaboración con el Geoparque Montañas do Courel

		<p><b>Adecuación de parking y zona de descanso</b></p> <p><b>Descripción.</b></p> <p>Módulo direccional a base de lamas de aluminio (2mm) con pliegue perimetral de refuerzo y doble poste “tipo D” de aluminio lacado.</p> <p>Para la base se plantea utilizar tubos extensión para empotrado a hormigón, lacado color neutro por la cara posterior y gráfica con protección contra los rayos UV y antigraffiti</p>
		<p><b>Señalización de Ingreso.</b></p> <p><b>Descripción</b></p> <p>Bandera terminada con forma de flecha o recta y ángulo de aluminio 3 mm de espesor, con fondo lacado color blanco y rotulada con vinilo fundición de alta calidad.</p> <p>Soporte de madera con tratamiento autoclave nivel IV.</p>

		<p><b>Panel de Información turística del lugar</b></p> <p><b>Descripción:</b></p> <p>Plafón informativo de doble soporte de madera laminada autoclave nivel IV, con medidas de 90X90, refuerzos de acero corten con tratamiento de oxidación controlado y lacado transparente.</p> <p>Plafón central de aluminio de 2 mm. de grosor con pliegue perimetral de refuerzo.</p>
	 <p>Opciones medidas de la mesa:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) 420x300 mm.</li> <li>b) 560x460 mm.</li> <li>c) 560x560 mm.</li> <li>d) 800x800 mm.</li> <li>e) 900x600 mm.</li> </ul>	<p><b>Panel de Información científica del lugar</b></p> <p><b>Descripción:</b></p> <p>Atril interpretativo de acero inoxidable 316 satinado, con soporte monoposte de diámetro 140mm con pletina a la base.</p> <p>Gráfica con placa de metacrilato alto impacto y con protección contra los rayos UV y antigrafiti.</p> <p>Modelo elegante y de larga durabilidad con estructura reforzada, calidad excelente.</p>

**Anexo 8: Materiales de atriles y paneles a implementar en la georuta.**