

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Caracterización geológica de los afloramientos situados en la
parroquia de Súa, Atacames – Esmeraldas.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERA EN GEOLOGÍA

Presentado por:

ANDREÍNA LIZBETH QUIÑÓNEZ GUALÁN

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado a mi padre Héctor y a mi madre Mónica, motores fundamentales en mi vida, ellos fueron quienes me motivaron a estudiar y a esforzarme por conseguir mis metas planteadas, sin ellos nada de lo que soy o lo que he logrado hubiese sido posible. También se lo dedico a mi hermanita Alisson, mi hermano Alexander, mis abuelitos y familiares, en especial a mi compañero de vida Daniel. Este logro va por ustedes quienes me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de mi vida académica.

Andreína Lizbeth Quiñónez Gualán

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a mi tutor de tesis Eddy S., a mi consejero y profesor de la materia integradora David A. y demás profesores que a lo largo de mi vida estudiantil fueron sembrando conocimiento en mí, para que este logro se hiciera posible. También les agradezco a cada uno de mis familiares, amigos, compañeros y demás personas que en algún determinado momento de la vida supieron guiarme, aconsejarme y ayudarme en los tiempos difíciles.

Andreína Lizbeth Quiñónez Gualán

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Andreína Lizbeth Quiñónez Gualán* doy mi consentimiento para que la ESPOL 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”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Andreína Lizbeth Quiñónez Gualán', written over a horizontal line.

Andreína Lizbeth
Quiñónez Gualán

EVALUADORES

.....
David Altamirano, MSc.

PROFESOR DE LA MATERIA



.....
Eddy Sanclemente, Ph.D.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Es de gran importancia llevar a cabo estudios de caracterización geológica, estructural y geomorfológica, puesto que brinda información necesaria en diversos campos de la ciencia y la ingeniería. En la actualidad el malecón de Súa está destruido debido a los fuertes oleajes que se presentan en la zona, además no se encuentra información de libre acceso y la poca información disponible está desactualizada. El presente trabajo consiste en la caracterización geológica, geomorfológica y estructural de los afloramientos situados en la parroquia de Súa-Esmeraldas, para posteriores estudios que permitan elegir la mejor opción para la reconstrucción del malecón; cabe mencionar que para la elaboración de los mapas temáticos se empleó el Modelo Digital de Elevación del sensor satelital gratuito SRTM, fotografías y datos tomados en campo, junto con la información bibliográfica disponible del área de estudio, toda la información fue procesada mediante el manejo de los Sistemas de Información Geográficos, con lo cual se obtuvo como resultado la identificación de contactos lito-estratigráficos correspondiente a Fm. Onzole Inferior, Miembro Súa, Depósito aluvial y Terrazas, estructuras como las fallas normales, diaclasas, anticlinal y sinclinal, también se realizó el mapa de sombras, mapa de pendientes y perfiles morfométricos con los que se identificó geoformas como las colinas, deslizamientos, estuario, flecha litoral, llanuras, plataforma de abrasión, playa y volcamientos; adicional se emplearon los software Faultkin y Stereonet que permitieron la generación de modelos de compresión tectónica, en donde se obtuvo que el esfuerzo principal perpendicular a la zona de compresión tiene un rumbo $N336.9^{\circ}$ y buzamiento $67.2^{\circ}NW$ y como mecanismo focal se presenta un área expuesta a fallamiento tipo normal.

Palabras Clave: Mapeo, Imágenes Satelitales, Modelos de compresión, Mapas Temáticos.

ABSTRACT

It is of great importance to carry out geological, structural and geomorphological characterization studies, since it provides necessary information in various fields of science and engineering. At present, the Súa seawall is destroyed due to the strong waves that occur in the area, and there is no freely available information and the little information that is available is outdated. The present work consists of the geological, geomorphological and structural characterization of the outcrops located in the parish of Súa-Esmeraldas, for further studies to choose the best option for the reconstruction of the seawall; It is worth mentioning that for the elaboration of the thematic maps we used the Digital Elevation Model of the free satellite sensor SRTM, photographs and data taken in the field, together with the available bibliographic information of the study area, all the information was processed through the use of Geographic Information Systems, which resulted in the identification of lithostratigraphic contacts corresponding to Fm. Onzole Inferior, Súa Member, Alluvial Deposit and Terraces, structures such as normal faults, diaclases, anticline and syncline, shadow map, slope map and morphometric profiles with which geoforms such as hills, landslides, estuary, coastal arrow, plains, abrasion platform, beach and overturns were identified; Additionally, Faultkin and Stereonet software were used to generate tectonic compression models, where it was obtained that the main stress perpendicular to the compression zone has a bearing N336.9° and dip 67.2°NW and as a focal mechanism there is an area exposed to normal faulting.

Keywords: *Mapping, Satellite Images, Landslides, Thematic Maps.*

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	2
1.2. Justificación del problema	2
1.3. Objetivos	2
1.3.1. Objetivo General	2
1.3.2. Objetivos Específicos	2
1.4. Marco teórico.....	3
1.4.1. Situación Geográfica	3
1.4.2. Playa Súa	4
1.4.3. Marco Geodinámico	4
1.4.4. Marco Geológico Regional	4
1.4.5. Marco Geológico Local	5
1.4.6. Geomorfología	12
CAPÍTULO 2	13
2. METODOLOGÍA	13
2.1. Fase 1: Sintetización de información	13

2.1.1.	Búsqueda de información bibliográfica en tesis, artículos científicos, informes técnicos y sitios webs	13
2.2.	Fase 2: Análisis de información	14
2.2.1.	Revisión de datos de pleamar y bajamar - INOCAR.....	14
2.2.2.	Revisión de datos de Hojas Cartográficas.....	15
2.2.3.	Revisión de imágenes satelitales	16
2.2.4.	Revisión de datos de Mapa Geológico del Ecuador	17
2.3.	Fase 3: Trabajo in situ – Mapeo Geológico.....	17
2.3.1.	Toma de evidencias fotográficas.....	17
2.3.2.	Toma de datos estructurales	17
2.3.3.	Toma de datos litológicos.....	18
2.4.	Fase 4: Análisis y procesamiento satelital.	18
2.4.1.	Interpretación de datos y procesamiento digital en ArcGIS 10.5.	18
2.5.	Fase 5: Elaboración de Mapas Temáticos	19
2.5.1.	Elaboración de Mapa Geológico	19
2.5.2.	Elaboración de Mapa Geomorfológico	20
2.5.3.	Elaboración de Mapa Estructural	20
CAPÍTULO 3	21
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	21
3.1.	Mapa de ubicación de las los afloramientos y las estaciones	21
3.2.	Mapeo Geológico	21
3.3.	Análisis de Resultados	43
3.4.	Mapas Temáticos	45
CAPÍTULO 4	50
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	50
4.1.	Conclusiones.....	50
4.2.	Recomendaciones.....	51

BIBLIOGRAFÍA	52
APÉNDICES	55
A. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS	55
B. CARTOGRAFÍA.....	56
C. MAPAS TEMÁTICOS	58

ABREVIATURAS

DEM	Digital Elevation Model
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
FICT	Facultad de Ingenierías en Ciencias de la Tierra
Fm.	Formación
GPS	Global Positioning System
M.	Miembro
RGB	Red, Green, Blue
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
USGS	United States Geological Survey
UTM	Universal Transverse Mercator
WGS	World Geodetic System

SIMBOLOGÍA

A#	Afloramiento
CA	Colinas altas
CB	Colinas bajas
CM	Colinas medianas
D	Diaclasas
Da	Depósito aluvial
DR	Deslizamiento rotacional
E	Este
ES	Estuario del Río Súa
FN	Falla Normal
FL	Flecha litoral
LIA	Llanura aluvial
LIL	Llanura Litoral
km	Kilómetro
m	Metro
Mo	Formación Onzole Inferior
N	Norte
NO	Noroeste
O	Oeste
PA	Plataforma de abrasión
PI	Playa
Plo'	Miembro Súa
S	Sur
Te	Terraza
Vo	Volcamiento

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Mapa de ubicación de los dos afloramientos situados en la parte Noroeste de la costa ecuatoriana.....	3
Figura 2.1 Esquema metodológico aplicado.	13
Figura 2.2 Imagen satelital Sentinel 2 y combinación 5-6-2 a la derecha.....	19
Figura 2.3 Imagen Satelital Landsat 8.	19
Figura 3.1 Mapa de ubicación de los afloramientos con las estaciones visitadas.	21
Figura 3.2. Estrato con presencia de múltiples diaclasas (D1.1 y D1.2).....	23
Figura 3.3. Vista superior del estrato con presencia de diaclasas (D1.2).....	23
Figura 3.4. Múltiples diaclasas (D1.3) y (D1.4) rellenas de sílice y arena fina.....	23
Figura 3.5. Múltiples diaclasas (D1.5) y estratificación cruzada	23
Figura 3.6. Estratificación con diaclasas (D2.1) y deslizamiento de material	24
Figura 3.7. Desprendimiento de bloques y presencia de una falla normal (FN2.1) junto con diaclasas (D2.2)	24
Figura 3.8. Bloque desprendido del estrato a causa de la erosión.....	24
Figura 3.9. Diaclasas (D3.1) y fallas normales (FN3.1).....	25
Figura 3.10. Material deslizado de limo sobre el estrato hundido del lado derecho ..	25
Figura 3.11. Falla Normal (FN4.1), deslizamiento de material y desprendimiento de bloques.....	26
Figura 3.12. Visualización de diaclasas (D4.1)	26
Figura 3.13. Presencia de Fallas Normales (FN5.1 y FN5.2) y diaclasas (D5.1 y D5.2)	28
Figura 3.14. Matriz arena media que soporta clastos <5cm.....	28
Figura 3.15. Matriz de arena media que contiene restos de moluscos y clastos <3cm	28
Figura 3.16. Estratificación cruzada con falla normal (FN6.1) y deslizamiento de material en la parte superior izquierda.....	29
Figura 3.17. Visualización de diaclasas (D6.1) y en la parte inferior hay zonas huecas producto de la erosión.	29
Figura 3.18. Deslizamiento de material arena media-gruesa con gradación normal y estrato con zonas erosionadas.	30
Figura 3.19. Múltiples fracturas (F7.1) en la E7.	30

Figura 3.20. Diaclasas (D8.1) y en la parte central se aprecia la falla tipo normal (FN8.1)	31
Figura 3.21. Estrato con diaclasas (D9.1) y deslizamiento de material arenisca	32
Figura 3.22. Estratificación subparalela horizontal, con presencia de varias fracturas y con clastos <15cm en la parte inferior del estrato.....	32
Figura 3.23. Presenta falla normal (FN10.1) y algunas diaclasas (D10.1)	34
Figura 3.24. Desprendimiento de bloques formando volcamiento.....	34
Figura 3.25. Estratificación (E11) paralela horizontal compuesta por arena y limo, se presentan fracturas (F11.1) y diaclasas (D11.1).	35
Figura 3.26. Vista panorámica de la estación N°11, parte del meandro de la zona...	35
Figura 3.27. Visualización de diaclasas con predominancia (D12.1) acompañadas por fallas normales (FN12.1 y 12.2).....	36
Figura 3.28. A escasos 3m se encuentra otra falla normal (FN12.3) y cantos (<60cm) producto de la erosión del estrato.....	36
Figura 3.29. Formación de cueva debido a la erosión y desprendimiento de bloques, con presencia de falla norma (FN13.1).....	37
Figura 3.30. Diaclasas (D13.1) y falla normal (FN13.2).	37
Figura 3.31. Diaclasas (D13.2) y fallas normales (FN13.3).....	37
Figura 3.32. Presencia de fallas normales (FN14.1) y múltiples fracturas (F14.1). ...	39
Figura 3.33. Varias fallas normales (FN14.1) y disposición subparalela de las capas.	39
Figura 3.34. Desprendimiento de material y presencia de fracturas (F14.2) y fallas tipo normal (FN14.3).....	39
Figura 3.35. Vista interna de la zona hueca con una falla normal (FN14.3) visible y fracturas (14.2).	39
Figura 3.36. Estratificación subparalela (E15)	40
Figura 3.37. Deslizamiento de material y múltiples fracturas (F15.1).....	40
Figura 3.38. Falla normal (FN15.1) y fracturas (F15.2)	40
Figura 3.39. Erosión da la apariencia porosa a los las capas de la estratificación (E15)	40
Figura 3.40. Falla normal (FN16.1) y fractura (F16.1), clastos en la matriz de arena media.	41

Figura 3.41. Múltiples fracturas (F16.2) al lado izquierdo y notable erosión en el estrato.	41
Figura 3.42. Presencia de falla normal (FN17.1) en la estratificación (E17).	42
Figura 3.43. Varias fracturas (F17.1) situadas en la estratificación (E17).	42
Figura 3.44 Actitudes de los estratos situados en los afloramientos de Súa 43	43
Figura 3.45 Aplicación del diagrama de rosas, rumbo entre 226° y 230° 43	43
Figura 3.46 Determinación de los ejes cinemáticos (sigmas) y el mecanismo focal de tipo fallamiento normal 44	44
Figura 3.47 Aplicando contornos que definen las zonas sometidas a esfuerzos de tensión (T-Axis color rojo) y compresión (P-Axis color azul) 44	44
Figura 3.48 Digitalización del mapa de pendientes 45	45
Figura 3.49 Digitalización del mapa geomorfológico 46	46
Figura 3.50 Digitalización del mapa geológico 47	47
Figura 3.51 Digitalización del mapa estructural 48	48
Figura A. 1 Columna Estratigráfica A1.	55
Figura A. 2 Columna Estratigráfica A2.	55
Figura B. 1 Desplazamiento rotacional de material correspondiente a la ladera 56	56
Figura B. 2 Plataforma de abrasión 56	56
Figura B. 3 Flecha Litoral en la zona de Súa 57	57
Figura B. 4 Perfil morfométrico a partir del TPI 7x7 y las pendientes del terreno 57	57
Figura C. 1 MAPA DE PENDIENTES DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA-ESMERALDAS 58	58
Figura C. 2 MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA-ESMERALDAS 58	58
Figura C. 3 MAPA GEOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA-ESMERALDAS 58	58
Figura C. 4 MAPA ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA-ESMERALDAS 58	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Columna Cronoestratigráfica de la zona costera de la provincia de Esmeraldas.	5
Tabla 1.2 Descripción bibliográfica de la Terraza Marina.....	6
Tabla 1.3 Descripción bibliográfica de Depósito Aluvial.....	6
Tabla 1.4 Descripción bibliográfica de la Formación Tablazo.	6
Tabla 1.5 Descripción bibliográfica de la Formación Onzole Superior.	7
Tabla 1.6 Descripción bibliográfica de Miembro Estero Plátano.	8
Tabla 1.7 Descripción bibliográfica de Miembro Súa.	8
Tabla 1.8 Descripción bibliográfica de Miembro Onzole Inferior.	8
Tabla 1.9 Descripción bibliográfica de Formación Angostura.	9
Tabla 1.10 Descripción bibliográfica de Formación Viche.....	10
Tabla 1.11 Descripción bibliográfica de formación Pambil.....	10
Tabla 1.12 Descripción bibliográfica de Formación Zapallo.	11
Tabla 1.13 Descripción bibliográfica de Formación Piñón.....	12
Tabla 2.1 Calendario Bajamar, sirvió de guía para llevar a cabo las visitas a los afloramientos.....	14
Tabla 2.2 Características técnicas de los satélites Sentinel 2 (Drusch, 2012) y Landsat 8 (Loveland, 2016). Características técnicas del sensor Aster y SRTM (Rodríguez, 2006) y Alos Palsar (Rosenqvist, 2007).	16
Tabla 2.3 Combinaciones de bandas efectuadas para satélites Lansat 8 y Sentinel 2.	18
Tabla 3.1 Ficha Técnica N°1 (A1-E1)	22
Tabla 3.2 Ficha Técnica N°2 (A1-E2)	23
Tabla 3.3 Ficha Técnica N°3 (A1-E3)	25
Tabla 3.4 Ficha Técnica N°4 (A1-E4)	26
Tabla 3.5 Ficha Técnica N°5 (A1-E5)	27
Tabla 3.6 Ficha Técnica N°6 (A1-E6)	28
Tabla 3.7 Ficha Técnica N°7 (A1-E7)	30
Tabla 3.8 Ficha Técnica N°8 (A1-E8)	31
Tabla 3.9 Ficha Técnica N°9 (A1-E9)	32
Tabla 3.10 Ficha Técnica N°10 (A1-E10).....	33

Tabla 3.11 Ficha Técnica N°11 (A2-E11).....	34
Tabla 3.12 Ficha Técnica N°12 (A2-E12).....	35
Tabla 3.13 Ficha Técnica N°13 (A2-E13).....	36
Tabla 3.14 Ficha Técnica N°14 (A2-E14).....	38
Tabla 3.15 Ficha Técnica N°15 (A2-E15).....	39
Tabla 3.16 Ficha Técnica N°16 (A2-E16).....	41
Tabla 3.17 Ficha Técnica N°17 (A2-E17).....	42
Tabla 3.18 Clasificación de pendientes por porcentajes	46
Tabla 3.19 Presupuesto del proyecto	49

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La investigación es la base para el progreso de toda sociedad, por ello es de gran importancia llevar a cabo estudios de caracterización geológica, estructural y geomorfológica, puesto que brinda información necesaria en diversos campos de la ciencia e ingeniería, tales como: la construcción de obras civiles y la exploración de hidrocarburos, etc. Además sirve para la identificación de peligros y riesgos que se pueden presentar a causa de la aparición de fenómenos naturales como: erupciones volcánicas, terremotos, tsunamis, deslizamientos de material, entre muchos más, con lo cual se pueden crear medidas o tomar decisiones que procuren salvaguardar la integridad de la población y bienes. Por lo cual, la realización de este proyecto va estrechamente relacionado con dos apartados de los ODS, los cuales son: “Salud y Bienestar” y “Trabajo decente y crecimiento económico”. (ODS, 2015)

Los fuertes oleajes suscitados desde el 2016 han originado que el malecón ubicado frente a la playa de Súa haya quedado destruido, causando la pérdida de actividad económica que se lograba con el turismo, que es el principal rubro del cual se benefician los moradores. (El Telégrafo, 2016) Hasta la actualidad no ha habido interés por parte de las autoridades del GAD Esmeraldas ni del Municipio de Atacames, ante la petición de los pobladores sobre la construcción de un nuevo malecón en Súa. (El Comercio, 2021) Moradores y personal de la municipalidad afirman que no se han podido realizar la reconstrucción del malecón debido a la falta de una investigación geológica que proporcione información actualizada sobre los problemas del terreno. (Bonilla, 2020)

Este trabajo tiene como meta actualizar información y realizar caracterizaciones de tipo: estructural, geológica y geomorfológica de los afloramientos situados en la parroquia de Súa – Esmeraldas, mediante el empleo de imágenes satelitales, la toma de datos, las evidencias de imágenes estructurales en campo y la mayor recopilación posible de información bibliográfica, a fin de poder construir mapas temáticos que aporten a la comprensión sobre las estructuras, litología, edades estratigráficas, distribución

morfológica del terreno, paleoambiente, fósiles y toda la demás información geología que abarca la zona de interés.

1.1. Descripción del problema

Los fuertes oleajes han destruido a totalidad el malecón de Súa, por lo que no basta tan solo la intervención del personal de construcción de ingeniería civil, aquí entra en juego la aparición del ingeniero en geología que pueda realizar un estudio geológico actualizado, donde se presente a detalle la información geología, geomorfología y estructuras, para brindar información que permita al ingeniero civil la selección óptima de construcción y ejecución de la obra.

1.2. Justificación del problema

Este proyecto nace de la carente y desactualizada información que se tiene acerca de algunos sectores de la provincia de Esmeraldas, específicamente de la parroquia de Súa, por tanto se pretende realizar un estudio que complemente tanto la parte de datos recolectados en campo, como la recolección de información, en conjunto con el trabajo de oficina para la generación de mapas y el documento final, lo cual servirá como base a futuras generaciones para que puedan comprender sobre la geología presente en la zona de estudio.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Elaborar la caracterización geológica, estructural y geomorfológica de dos afloramientos situados en Súa-Esmeraldas, mediante la descripción y toma de datos además del manejo de imágenes satelitales, para la construcción de mapas temáticos con información actualizada referente a la zona de interés.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Recopilar información estructural, geológica y geomorfológica que exista con respecto a la zona de Súa-Esmeraldas con lo cual se logre la creación de mapas.

- Levantar información necesaria de fichas técnicas para llevar un detallado registro de las estaciones visitadas en campo, principalmente tomando datos de rumbo y buzamiento de cada estructura encontrada.
- Construir mapas: estructural, geológico y geomorfológico referente a la zona de estudio de manera que sea posible la actualización de información gracias al uso de bibliografía e imágenes satelitales.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Situación Geográfica

Al Noroeste del Ecuador se encuentra la provincia de Esmeraldas, la misma que está situada en la zona geográfica correspondiente a la Región Costa. Esta provincia limita al Norte con la república de Colombia, al Sur limita con la provincia de Manabí, en cuanto al Este se encuentra limitando con las provincias de Sto. Domingo, Carchi, Pichincha e Imbabura y finalmente al Oeste limita con el Océano Pacífico. La zona de estudio en donde se encuentran los dos afloramientos (ver Figura 1.1) corresponde a la parroquia de Súa, perteneciente del cantón Atacames provincia de Esmeraldas y limita al Norte con el Océano Pacífico, al Sur con el cantón Muisne, al Este limita con las parroquias de La Unión y Atacames, y al Oeste con la parroquia de Tonchigüe. (Moreano, 1976)



Figura 1.1 Mapa de ubicación de los dos afloramientos situados en la parte Noroeste de la costa ecuatoriana.

1.4.2. Playa Súa

Esta playa se encuentra rodeada de colinas y acantilados, además se localiza a 35km de la ciudad verde Esmeraldas y a tan solo 6km en dirección Sur de la playa Atacames, cabe destacar que esta zona presenta una roca que la distingue, conocida como “Roca Suicida” o “Peñón del Suicida”, dicha roca presenta una composición de caliza y tiene una elevación ~80m que resalta fuera del Océano Pacífico. (Planet Andes, 2015)

1.4.3. Marco Geodinámico

En el extremo NO con respecto a América del Sur se encuentra ubicado el borde costero ecuatoriano, allí la Placa de Nazca subduce a la Placa Sudamericana, a una velocidad que varía entre 5.5cm/a hasta 5.8cm/a, y con dirección aproximada de N83°E. (Kendrick, 2003)

Las investigaciones realizadas indican que la Placa de Nazca presenta subducción normal y subhorizontal, la cual se diferencia notoriamente de Norte a Sur del borde costero, siendo que al Norte la placa es segmentada por el sistema transformante Rift Malpelo-Yaquina, entre el Norte y Sur por la Cordillera de Carnegie y al Sur por la Zona de Fractura de Grijalva. (Collot, 2009) Cabe mencionar que la parte más antigua situada al Sur data 32Ma en comparación a la zona norte que data 25Ma. (Hey, 1977)

El Ecuador está conformado por un margen central, el cual va desde Punta Salinas hasta la plataforma Esmeraldas que está al Norte de Punta Galera, y principalmente se la reconoce por la presencia de penínsulas en las cuales sus alcanzan escasos kilómetros, además de la existencia de terrazas marinas mismas que evidencian el levantamiento que ha sido originado a consecuencia de la subsidencia de la Cordillera de Carnegie. (Collot, 2009),

1.4.4. Marco Geológico Regional

Según (Reyes, 2012) indica que el margen costero que comprende desde la península de Santa Elena hasta la ciudad de Esmeraldas está compuesto por rocas sedimentarias de origen tanto marino como costero y de rocas ígneas basálticas, mismas que presentan edades cretácico inferior y cuaternario.

1.4.5. Marco Geológico Local

Se presenta la Tabla 1.1, la cual contiene las unidades a través de estudios geológicos realizados, dicha información se encuentra detalladas en las hojas cartográficas 24 y 7 concernientes a Esmeraldas y Punta Galera. (Evans, 1980) Las formaciones han sido ubicadas en orden cronológico, y la información resumida fue extraída de la Tabla Cronoestratigráfica Internacional elaborada por la (Comisión Internacional de Estratigrafía, 2020).

Tabla 1.1 Columna Cronoestratigráfica de la zona costera de la provincia de Esmeraldas.

Era	Período		Época		Piso	Edad (Ma)	Unidades		
Cenozoico	Cuaternario		Holoceno		Groenlandiense	0.0117	Depósito Aluvial		
			Pleistoceno		Gelasiense	2.58	Terraza		
								Fm. Tablazo	
	Terciario	Neógeno	Plioceno		Piacenziense, Zandiense	5.33	Fm. Onzole	Superior	
			Mioceno	Superior	Messiniense, Tortonense	11.63		Miembro Estero Plátano	
				Medio	Serravaliense, Langhiense	15.97		Miembro Súa	
				Inferior	Burdigaliense, Aquitaniense	23.03		Inferior	
		Paleógeno	Oligoceno		Chattiense, Rupeliense	33.9	Fm. Pambil		
			Eoceno	Superior	Priaboniense, Bartoniense	56.0	Fm. Zapallo		
Mesozoico	Jurásico-Cretácico		Superior-Inferior		Mastrichtiense, Hettangiense	201.03	Fm. Piñón		

Cabe mencionar que tan solo en la parroquia de Súa se encuentran Terrazas, Depósitos aluviales y la Fm. Onzole junto con el Miembro Súa, pero de manera general se va a presentar la información recaudada para cada una de las unidades correspondientes a la zona costera de Esmeraldas, en donde se detalla las relaciones estratigráficas, litología y espesor. (Egüez, 2017) Adicional se ha agregado información

sobre los fósiles y paleoambiente existente en la provincia. (Ordoñez, Jiménez, & Suárez, 2006).

1.4.5.1. *Terraza Marina (Holoceno).*

Tabla 1.2 Descripción bibliográfica de la Terraza Marina.

Nombre y Simbología	Terraza marina
Edad	Holoceno
Litología	Arcillas marinas de estuario, arena de grano medio a fino de coloración grisácea, además presenta lentes con variables de grava.
Espesor	20m-7m
Fósil	-
Relaciones estratigráficas	El contacto inferior con el Depósito Aluvial es transicional.

1.4.5.2. *Depósito Aluvial (Holoceno).*

Tabla 1.3 Descripción bibliográfica de Depósito Aluvial.

Nombre y Simbología	Depósito Aluvial
Edad	Holoceno
Litología	Residuos de la superficie de terraza, presenta gravas guijarrosas gruesas y arenas con estratificación cruzada de tonalidad entre gris a café rojizo.
Espesor	20m-5m
Fósil	-
Relaciones estratigráficas	El contacto inferior con la Fm. Tablazo es transicional.

1.4.5.3. *Formación Tablazo (Pleistoceno).*

Tabla 1.4 Descripción bibliográfica de la Formación Tablazo.

Nombre y Simbología	Formación Tablazo
---------------------	-------------------

Edad	Pleistoceno
Litología	Arenas (grano medio a fino) dispuestas de forma horizontalmente estratificadas, presenta coloración entre caqui-gris. Además se encuentran conglomerados y arcillas.
Fósiles	No hay hallazgo de microfósiles diagnósticos, asumiendo una edad de Pleistoceno por posición estratigráfica.
Espesor	0-10m
Relaciones estratigráficas	Yace en discordancia sobre las rocas más antiguas

La Fm. Onzole se encuentra dividida en 2 unidades que son: superior e inferior, mismas que están siendo separadas por las areniscas del Miembro Estero Plátano y Miembro Súa.

1.4.5.4. Formación Onzole Superior (Plioceno).

Tabla 1.5 Descripción bibliográfica de la Formación Onzole Superior.

Nombre y Simbología	Formación Onzole (Superior)
Edad	Plioceno
Litología	Arcilla con capas de areniscas delgadas
Fósiles	Foraminíferos planctónicos: 1. Globigerina decoraperta, 2. Globigerina digitata, 3. Globorotalia humerosa, 4. Globigerinoides subquadratus, 5. Globigerina bulloides, 6. Globorotalia acostaensis, 7. Globorotalia tumida, 8. Globorotalia menardii, 9. Globorotalia merotumida, 10. Globigerinoides quadrilobatus sacculifer, 11. Globigerina sp., 12. Globigerinita glutinata.
Espesor	1900m-500m
Paleoambiente	Marino de aguas cálidas que logran llegar a profundidades hasta el talud superior, este paleoambiente es definido debido a la abundancia de foraminíferos bentónicos, planctónicos y nanofósiles calcáreos.
Relaciones estratigráficas	El contacto inferior con el Miembro Plátano es transicional.
Generalidades	Alfloramientos se encuentran en la Vía Atacames – La Unión de Atacames.

1.4.5.5. *Miembro Estero Plátano (Plioceno).*

Tabla 1.6 Descripción bibliográfica de Miembro Estero Plátano.

Nombre y Simbología	Miembro Estero Plátano
Edad	Plioceno
Litología	Alteración de arenisca y arcilla. Presenta lentes de conglomerado. Tiene una alternancia bien estratificada de areniscas en la base de color café rojizo y lodolitas limosas que va de tamaño de grano medio a fino siendo intercaladas de espesor delgado y de color verde.
Fósiles	Foraminíferos bentónicos, planctónicos y nanofósiles calcáreos.
Espesor	300m
Relaciones estratigráficas	Presenta capas de areniscas poco gradada con lo cual implica que hay un influjo rápido de turbiditas dentro de la cuenca.
Generalidades	Los guijarros en los conglomerados están bien redondeados.

1.4.5.6. *Miembro Súa (Plioceno).*

Tabla 1.7 Descripción bibliográfica de Miembro Súa.

Nombre y Simbología	Miembro Súa
Edad	Plioceno
Litología	Arenisca de color naranja a gris amarillento de grano grueso a fino bien estratificadas con capas de limo, arcilla y conglomerado.
Fósiles	Foraminíferos bentónicos, planctónicos y nanofósiles calcáreos.
Espesor	250m–10m
Relaciones estratigráficas	Presenta discordancia local.

1.4.5.7. *Formación Onzole Inferior (Mioceno Superior).*

Tabla 1.8 Descripción bibliográfica de Miembro Onzole Inferior.

Nombre y Simbología	Formación Onzole (Inferior)
Edad	Mioceno Superior
Litología	Arcilla tobacea con capas de areniscas delgadas. Además contiene

	conglomerado.
Fósiles	Foraminíferos planctónicos: 1. Globigerina decoraperta, 2. Globigerina digitata, 3. Globorotalia humerosa, 4. Globigerinoides subquadratus, 5. Globigerina bulloides, 6. Globorotalia acostaensis, 7. Globorotalia tumida, 8. Globorotalia menardii, 9. Globorotalia merotumida, 10. Globigerinoides quadrilobatus sacculifer, 11. Globigerina sp., 12. Globigerinita glutinata.
Espesor	1900m-500m
Paleoambiente	Plataforma continental, ya que probablemente proviene de la plataforma central en su base con el tiempo se profundizó hacia el tope.
Relaciones estratigráficas	El contacto inferior con la Formación Angostura es transicional.
Generalidades	Aflora esta formación en la Cuenca Borbón y en Estero Plátano.

1.4.5.8. Formación Angostura (Mioceno Medio).

Tabla 1.9 Descripción bibliográfica de Formación Angostura.

Nombre y Simbología	Formación Angostura
Edad	Mioceno Medio
Litología	Coquinas, areniscas de color amarillo-rojizo, lodolitas y conglomerado basal.
Fósiles	Foraminíferos: 1. Ammonia tepida, 2. Ammonia sp., 3. Pseudononion pizarrensis, 4. Nonion sp., 5. Hanzawaia evansi, 6. Quinqueloculina cf. poeyana, 7. Globigerina calida praecalida, 8. Hastigerina siphonifera, 9. Globorotalia hexagonum, 10. Globigerina calida calida, 11. Globorotalia menardii, 12. Globigerinoides obliquus obliquus.
Espesor	250m-40m
Paleoambiente	Marino de plataforma interna, debido a la aparición de los fósiles representantes: Amomonía, Quinqueloculina, Nonionella y Hanzawaia.
Relaciones estratigráficas	El contacto inferior con la Formación Viche es discordante.

1.4.5.9. Formación Viche (Mioceno Inferior).

Tabla 1.10 Descripción bibliográfica de Formación Viche.

Nombre y Simbología	Formación Viche
Edad	Mioceno inferior
Litología	Lutitas, areniscas. Arcilla limosa y con lentes calcáreo.
Fósiles	Foraminíferos planctónicos: 1. Globorotalia fohsi fohsi, 2. Globorotalia fohsi peripheroacuta, 3. Globorotalia fohsi peripheroronda, 4. Globorotalia scitula, 5. Globigerina aff. druryi, 6. Globorotalia acrostoma, 7. Globorotalia siakensis, 8. Globoquadrina sp., 9. Globigerina woodi, 10. Globoquadrina aff. dehiscens, 11. Globigerina praebulloides praebulloides, 12. Globigerinoides trilobus inmaturus.
Espesor	1200m-120m aproximadamente
Paleoambiente	Marino de plataforma externa en base a la asociación microfósilífera (foraminíferos planctónicos, nanofósiles calcáreos, radiolarios y algunos palinomorfos).
Relaciones estratigráficas	El contacto inferior con la Formación Pambil es discordante y difícil de diferenciar en estudio de campo, ya que la Formación Pambil infrayace a esta formación.
Generalidades	Se encuentra a aproximadamente a 40km al SSO de la ciudad Esmeraldas. Es tan abundante la microfauna y muy fácil de ver en campo con ayuda de la lupa.

1.4.5.10. Formación Pambil (Oligoceno).

Tabla 1.11 Descripción bibliográfica de formación Pambil.

Nombre y Simbología	Formación Pambil
Edad	Oligoceno
Litología	Arenas finas con ausencia de cherts y lodolitas de color crema, gris o verde. Basalto hyaloclastito y arcilla limosa con capas de areniscas grisáceas
Fósiles	Radiolarios: 1. Dorcadospyris ateuchus, 2. Theocampe aff. Armadillo, 3. Theocosphaera sp., 4. Tympanidium binocionum, 5. Melitosphaera sp., 6.

	<p>Thyrsoctyrtis tetracantha, 7. Melitosphaera (Phaenicosphaera) sp., 8. Rhopalodictyum sp., 9 y 10. Lychnocanium bipes, 11. Phacodiscus sp., 12. Pterocanium sp.</p> <p>Foraminíferos planctónicos: 1. Globorotalia opima nana, 2. Globorotalia opima opima, 3. Streptochilus cubensis, 4. Catapsydrax unicavus, 5. Globigerina cf. brevis, 6. Globigerina winkleri, 7. Globigerina aff. euapertura, 8. Globigerina aff. winkleri, 9. Globigerina prasaepis, 10. Globigerina ciperoensis, 11. Globigerina galavisi, 12. Catapsydrax dissimilis.</p>
Espesor	2000m-330m
Paleoambiente	Marino de plataforma central a externa debido a la abundancia y diversidad de los foraminíferos bentónicos que predominan sobre los foraminíferos planctónicos, cabe señalar que por contener planctónicos y nanofósiles calcáreos se determina la presencia de aguas cálidas, además se hallaron palinomorfos de origen continental.
Relaciones estratigráficas	Está sobreyaciendo a la Formación Zapallo con contacto tipo concordante.

1.4.5.11. Formación Zapallo (Eoceno Superior).

Tabla 1.12 Descripción bibliográfica de Formación Zapallo.

Nombre y Simbología	Formación Zapallo
Edad	Eoceno Superior
Litología	Conglomerados, lutitas y areniscas. Arcilla limosa con lentes de chert.
Fósiles	Foraminíferos bentónicos. Radioñarios naseellarios. Foraminíferos planctónicos: 1. Hantkenina longispina, 2. Hantkenina alabamensis, 3. Hantkenina sp., 4. Globigerina eocaena, 5. Globigerina aff. eocaena, 6. Globorotalia cerroazulensis cerroazulensis, 7. Globigerina linaperta, 8. Catapsydrax dissimilis, 9. Globigerina cf. galavisi, 10. Globigerina sp., 11. Globorotaloides suteri, 12. Globorotalia increbescens.
Espesor	700m-367m
Paleoambiente	Marino de aguas cálidas de profundidades de plataforma externa a talud superior.
Relaciones estratigráficas	Esta formación constituye la base de la serie del tipo flysh la cual se ha depositado en transgresión sobre el relieve del cretácico perteneciente a la

	Formación Piñón.
--	------------------

1.4.5.12. Formación Piñón (Jurásico-Cretácico).

Tabla 1.13 Descripción bibliográfica de Formación Piñón.

Nombre y Simbología	Formación Piñón
Edad	Jurásico-Cretácico
Litología	Lodolita y presencia de fajas delgadas de areniscas (turbiditas distales). Aglomerado y toba basáltico (Solo se encuentra en Pozo Camarones)
Fósiles	Foraminíferos planctónicos.
Espesor	230m
Paleoambiente	Basamento marino profundo
Relaciones estratigráficas	Forma el basamento sobre el que se fueron acumulando los sedimentos marinos del Terciario.

1.4.6. Geomorfología

Debido a la ubicación de la provincia de Esmeraldas, la zona litoral se encuentra cubierta aproximadamente 250km por la presencia del Océano Pacífico. La zona está compuesta de terrenos litorales mismos que han formado planicies en el área de playa. Además se visualiza elevaciones sobre una variedad de sedimentos marinos edad terciario, los cuales conforman un sistema montañoso costero. (Programa de Manejo de Recursos Costeros, 1993) Esta provincia cuenta con accidentes geográficos: la ensenada de Súa, Atacames y Mompiche y Punta Galera, además las elevaciones presentes en la zona de Súa presentan alturas menores a 300m. (Díaz, 2013)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para la elaboración de este trabajo y el cumplimiento de los objetivos propuestos se ha estipulado seguir el siguiente esquema. (Ver Figura 2.1)

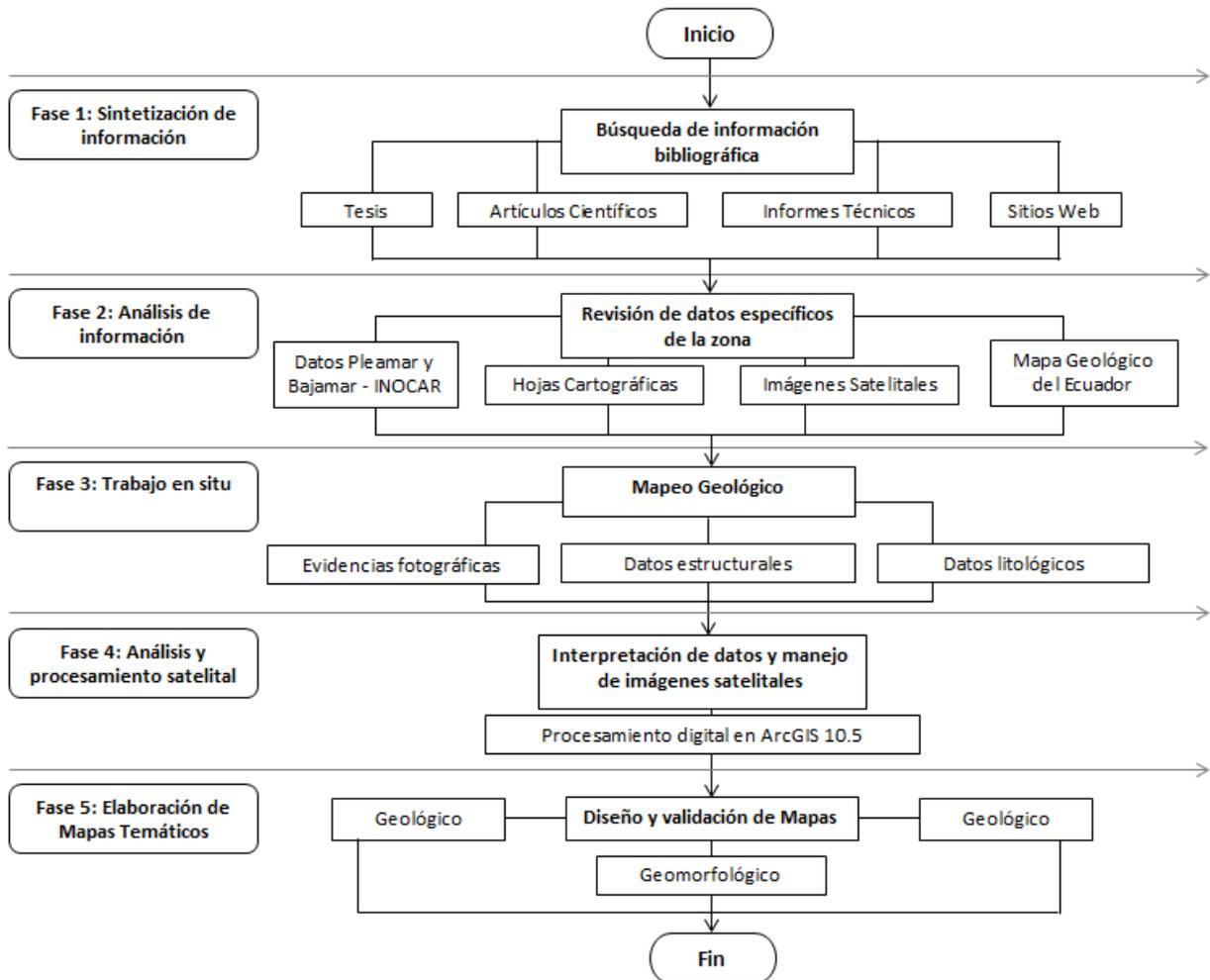


Figura 2.1 Esquema metodológico aplicado.

2.1. Fase 1: Sintetización de información

2.1.1. Búsqueda de información bibliográfica en tesis, artículos científicos, informes técnicos y sitios webs

Inicialmente se recopiló la literatura geológica acerca de las formaciones que presenta la provincia de Esmeraldas, además se elaboró una columna cronoestratigráfica

considerando a las formaciones existentes en la provincia, en las cuales se destaca que el área de interés Súa es representada por depósitos aluviales, terrazas marinas, Formación Onzole Inferior y Miembro Súa; con dicha información se discriminó en función a los puntos relevantes sobre el área de interés para finalmente determinar las variaciones o actualizaciones propuestas por diversos autores acerca de la zona.

2.2. Fase 2: Análisis de información

2.2.1. Revisión de datos de pleamar y bajamar - INOCAR

Recaudar información sobre horas y especificación sobre bajamar o pleamar a través de la página web del INOCAR (<https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/productos/tabla-mareas>), de allí se obtuvo los horarios de cambio de marea, se consideró los horarios y las fechas de bajamar con lo cual se procedió a elaborar un calendario que sirva de guía, debido a que en estos horarios es posible acceder a los afloramientos sin la amenaza o peligro de las olas del mar al chocar contra la roca.

Tabla 2.1 Calendario Bajamar, sirvió de planificación para las visitas a los afloramientos.

CALENDARIO BAJAMAR					
Estación: Esmeraldas HARM062					
Mes:	FEBRERO				
Día:	Lunes 22	Martes 23	Miércoles 24	Jueves 25	Viernes 26
Turno 1:	02:30 – 08:48	03:29 – 09:54	04:29 – 10:49	05:19 – 11:37	06:04 - 12:19
Turno 2:	15:02 – 21:05	16:07 – 22:10	17:01 – 23:14	17:48 – 23:58	
Mes:	MARZO				
Día:	Lunes 01	Martes 02	Miércoles 03	Jueves 04	Viernes 05
Turno 1:	08:00 – 14:30	08:48 – 14:57	09:33 – 15:52	10:25 – 16:29	11:18 – 17:30
Turno 2:					
Día:	Lunes 08	Martes 09	Miércoles 10	Jueves 11	Viernes 12
Turno 1:	02:30 – 9:37	03:14 – 09:40	03:30 – 11:44	05:30 – 11:42	06:15 – 12:30
Turno 2:	14:53 – 18:00	16:08 – 22:00			

Día:	Lunes 15	Martes 16	Miércoles 17	Jueves 18	Viernes 19
Turno 1:	08:07 – 14:16	08:41 – 14:48	09:15 – 15:21	09:49 – 15:55	10:24 – 16:30
Turno 2:					
Día:	Lunes 22	Martes 23	Miércoles 24	Jueves 25	Viernes 26
Turno 1:	13:01 – 19:11	14:18 – 20:29	03:30 – 9:18	03:30 – 10:15	04:45 – 11:05
Turno 2:			15:31 – 18:37	16:30 – 19:35	
Día:	Lunes 29	Martes 30	Miércoles 31		
Turno 1:	07:03 – 13:14	07:46 – 13:57	08:31 – 14:41		
Turno 2:					
Mes:	ABRIL				
Día:				Jueves 01	Viernes 02
Turno 1:				09:18 – 13:28	10:07 – 16:17
Turno 2:					
Día:	Lunes 05	Martes 06	Miércoles 07	Jueves 08	Viernes 09
Turno 1:	13:22 – 19:35	02:07 – 08:21	03:12 – 09:33	04:17 – 10:34	05:09 – 11:27
Turno 2:		14:42 – 20:50	15:30 – 22:00	15:50 – 22:00	17:10 – 23:42
Día:	Lunes 12	Martes 13	Miércoles 14	Jueves 15	Viernes 16
Turno 1:	07:07 – 13:13	07:40 – 13:42	08:13 – 14:17	08:45 – 14:47	09:17 – 15:28
Turno 2:	13:10 – 19:23	13:50 – 19:58	14:21 – 20:28		
Día:	Lunes 19	Martes 20	Miércoles 21	Jueves 22	Viernes 23
Turno 1:	11:19 – 17:30	12:20 – 18:32	13:33 – 19:47	03:18 – 08:22	03:10 – 09:25
Turno 2:				15:00 – 21:00	15:46 – 22:00

2.2.2. Revisión de datos de Hojas Cartográficas

El Mapa Geológico Esmeraldas – Punta Galera elaborado en 1980 escala 1:100.000, contiene la información de las hojas cartográficas adyacentes (MII-B Punta Galera - Hoja 7 y NII-A Esmeraldas - Hoja 24), de allí se obtuvo información sobre la columna litoestratigráfica, las edades de las formaciones y un corte geológico, con lo cual se pudo ir a campo y tener más claridad al momento de registrar información en la libreta de campo.

2.2.3. Revisión de imágenes satelitales

Se descargaron los modelos de elevación digital (DEM), disponiendo de los sensores satelitales ALOS PALSAR, ASTER y SRTM. También se realizó la búsqueda y descarga de imágenes satelitales (Landsat 7 y 8, Sentinel 1 y 2) desde la página web de EARTH EXPLORER USGS de la zona de interés que presenten la menor nubosidad o distorsión de la imagen, con la finalidad se procesarlas en el programa de ARGIS 10.5, para la elaboración del Mapa de Pendientes y el Mapa Geomorfológico de la zona de estudio.

Tabla 2.2 Características técnicas de los satélites Sentinel 2 (Drusch, 2012) y Landsat 8 (Loveland, 2016). Características técnicas del sensor Aster y SRTM (Rodríguez, 2006) y Alos Palsar (Rosenqvist, 2007).

Sentinel 2			
Bandas	Resolución	Longitud de onda (nm)	Detalle
B1	60 m	443	Ultra azul (Costa y Aerosol)
B2	10 m	490	Azul
B3	10 m	560	Verde
B4	10 m	665	Rojo
B5	20 m	705	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B6	20 m	740	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B7	20 m	783	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B8	10 m	842	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B8a	20m	865	Visible e Infrarrojo Cercano (VNIR)
B9	60 m	940	Onda Corta Infrarroja (SWIR)
B10	60 m	1375	Onda Corta Infrarroja (SWIR)
B11	20 m	1610	Onda Corta Infrarroja (SWIR)
B12	20 m	2190	Onda Corta Infrarroja (SWIR)
Landsat 8			
Bandas	Resolución	Longitud de onda (nm)	Detalle
B1	30 m	0.43 – 0.45	Coastal aerosol
B2	30 m	0.45 – 0.51	Blue
B3	30 m	0.53 – 0.59	Green
B4	30 m	0.64 – 0.67	Red
B5	30 m	0.85 – 0.88	Near Infrared (NIR)

B6	30 m	1.57 – 1.65	SWIR 1
B7	100 m	2.11 – 2.29	SWIR 2
B8	100 m	0.50 – 0.68	Panchromatic
B9	30 m	1.36 – 1.38	Cirrus
B10	15 m	10.60 -11.19	Thermal Infrared (TIRS) 1
B11	30 m	11.50 – 12.51	Thermal Infrared (TIRS) 2
Sensor Aster y SRTM			
Bandas		Resolución	
Sensor		30 m	
Sensor Alos Palsar			
Bandas		Resolución	
Sensor		12.5 m – 30 m	

2.2.4. Revisión de datos de Mapa Geológico del Ecuador

La información que se obtuvo del Mapa Geológico del Ecuador, (Egüez, 2017) y el Mapa Geológico Esmeraldas-Punta Galera, (Evans, 1980) fueron relevantes para discernir la información encontrada en otros artículos y hojas cartográficas, puesto que es el mapa que hasta la actualidad define la geología del Ecuador y del NO de Esmeraldas, por ello sirvieron de guía para el mapeo en campo y la elaboración de los mapas temáticos de la zona de estudio.

2.3. Fase 3: Trabajo in situ – Mapeo Geológico

2.3.1. Toma de evidencias fotográficas

Para la toma de fotografías en las estaciones visitadas se empleó la cámara de 12 megapíxeles del celular SAMSUNG S7, además se usó el programa Adobe Illustrator para señalización e identificación de estructuras o litologías encontradas en las fotografías. Una vez que se editaron las imágenes fueron agregadas a las fichas técnicas de las estaciones visitadas.

2.3.2. Toma de datos estructurales

Se usaron 3 aplicaciones móviles: “Compas 360”, “Clino” y “Rockd”, de las cuales la primera ayudó al registro de datos de rumbos con mejor precisión, ya que cuenta con

el ojo de pollo integrado para la nivelación de la brújula del celular, mientras que la segunda y tercera aplicación ayudaron a registrar los datos de rumbo y buzamiento respetando la regla de la mano derecha, adicional se registraron los datos GPS de cada una de la estaciones visitadas.

2.3.3. Toma de datos litológicos.

Se utilizó el martillo geológico y cincel para despejar la parte erosionada y húmeda de las rocas, adicional se emplearon cartillas para la identificación de diversos componentes de la litología que presenta la roca, como son: redondez, esfericidad, color, tamaño de grano con una pequeña muestra litológica, aquellas cartillas son elaboración del Ing. Galo Montenegro. Cabe mencionar que se recolectaron muestras geoposicionadas de los estratos de interés, adicional a ello también se levantó las columnas estratigráficas y un pequeño bosquejo del afloramiento dibujado en la libreta de campo.

2.4. Fase 4: Análisis y procesamiento satelital.

2.4.1. Interpretación de datos y procesamiento digital en ArcGIS 10.5.

El procesamiento digital de las imágenes satelitales se realizó combinaciones de bandas (ver Tabla 2.3) para obtener: color natural, vegetación, falso color y cuerpos de agua, adicional para el satélite Lansat 8 se empleó la combinación de bandas de ratios (6/5-6/7-4/3), para identificar las litologías y alteraciones presentes en el terreno.

Tabla 2.3 Combinaciones de bandas efectuadas para satélites Lansat 8 y Sentinel 2.

	Lansat 8	Sentinel 2
Color Natural	4-3-2	4-3-2
Falso Color	7-6-4	12-11-4
Vegetación	5-6-2	8a-11-2
Cuerpos de agua	5-6-4	8a-11-4

Luego se procesó los DEM, donde se realizó un relleno de agujeros propios de la toma de la imagen satelital y la discriminación de nubosidad u objetos que perjudiquen la visualización real de la zona, por lo cual se emplearon diversas herramientas para la

obtención de curvas de nivel, el mapa sombra, mapa de pendientes y algebra de mapas con lo cual se pudo llevar a cabo la identificación de geoformas existentes en el terreno y poder realizar el Mapa Geomorfológico.

Figura 2.2 Imagen satelital Sentinel 2 y combinación 5-6-2 a la derecha.

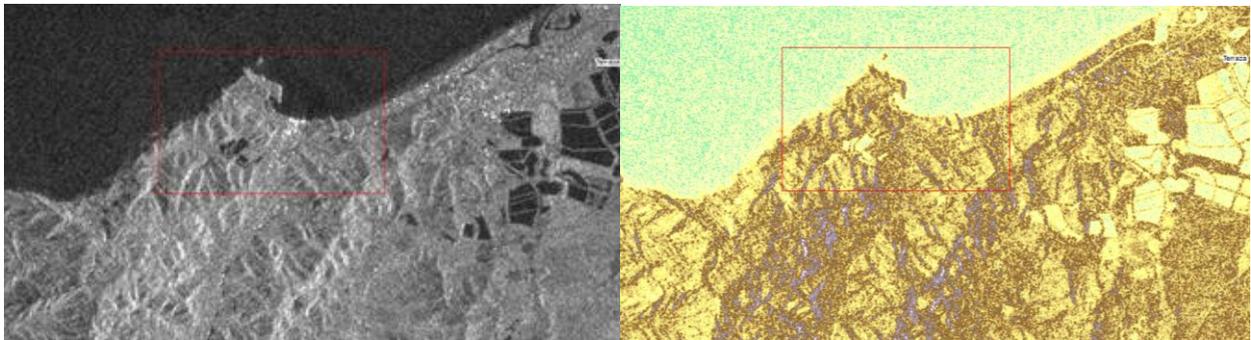


Figura 2.3 Imagen Satelital Landsat 8.



2.5. Fase 5: Elaboración de Mapas Temáticos

2.5.1. Elaboración de Mapa Geológico

Para la elaboración del Mapa Geológico de Súa, lugar donde se sitúan los dos afloramientos de interés, empleó de soporte el Mapa Geológico del Ecuador (Egüez, 2017) y el Mapa Geológico de Esmeraldas (Evans, 1980). Además, las curvas de nivel

se obtuvieron empleando la herramienta “slope” a partir del modelo digital de elevación anteriormente procesado en el software de ArcGIS, adicional con los datos estructurales, litológicos y coordenadas GPS de las estaciones se elaboró el mapa.

Las formaciones presentes en la zona de interés, se encuentra a la Formación Onzole y el Miembro Súa, además parte de la zona también presenta composición de terrazas aluviales, por lo que se identificó que en la zona hay la presencia de abundante arenisca, seguido de arcilla y limo en la composición de las capas que conforman las estratificaciones.

2.5.2. Elaboración de Mapa Geomorfológico

Se revisaron las imágenes satelitales empleando Google Earth para visualizar el relieve de la zona, además se apoyó del Mapa Geomorfológico de Esmeraldas. (Vizcaíno, 2016) Luego se realizó un Mapa de Pendientes para distinguir las zonas de mayor y menor altura e identificar las geoformas presentes, cabe mencionar que las pendientes fueron caracterizadas por rango porcentual de pendiente que sirvió de gran apoyo para realizar el mapa. (Araya-Vergara & Börgel, 1972) Se obtuvo que la zona presenta en su mayoría colinas, planicies, acantilado, flecha litoral y ensenada.

2.5.3. Elaboración de Mapa Estructural

Los shapefiles de provincias, cantones y parroquias del Ecuador fueron empleados como delimitadores de las zonas de estudio. (INEC, 2012) Adicionalmente, se utilizó la información obtenida desde el Mapa Geológico que anteriormente se realizó, logrando diseñar el Mapa Estructural, en este se registró las principales estructuras junto con los datos de rumbo y buzamiento empleando la correcta simbología. Al final se validó el Mapa Estructural del NO de la parroquia de Súa con los datos que presenta el Mapa Geológico Esmeraldas – Punta Galera 1980. Finalmente en la zona de interés se evidenció una predominante dirección NE-SW con buzamientos $<25^{\circ}$, con presencia de fallas normales que corresponden a movimientos tectónicos verticales, sinclinal correspondiente a esfuerzos tectónicos compresivos o de cizalla y varias fracturas.

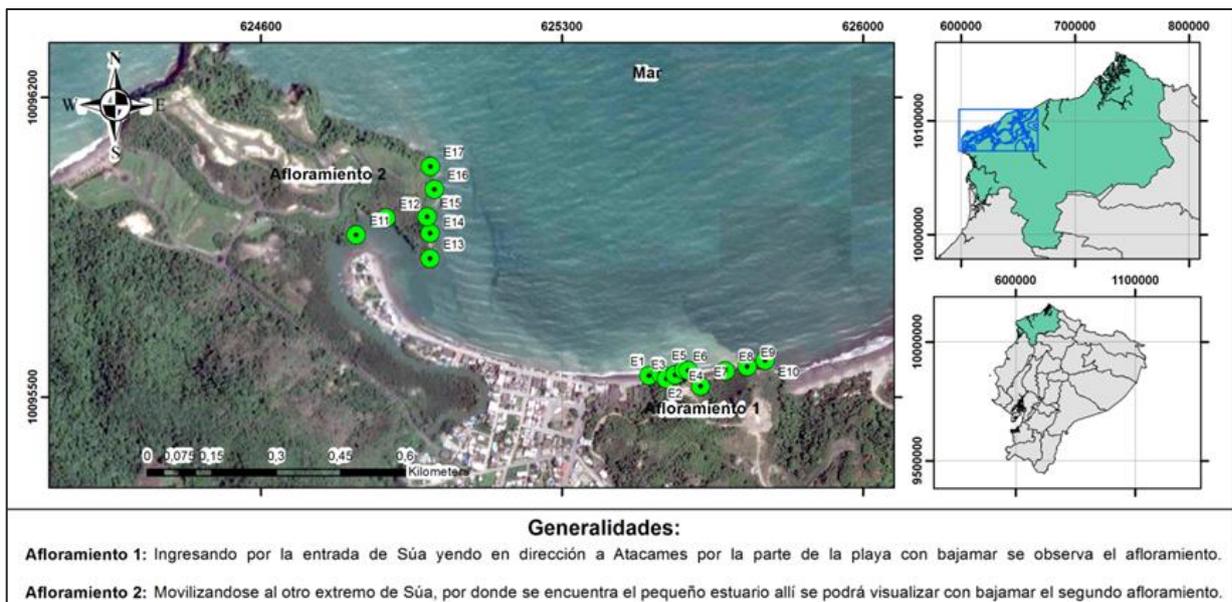
CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Mapa de ubicación de los afloramientos y las estaciones

A continuación se presenta el mapa de ubicación de los afloramientos en los que se registró las estaciones visitadas durante las salidas de campo. (ver Figura 3.1.)

Figura 3.1 Mapa de ubicación de los afloramientos con las estaciones visitadas.



3.2. Mapeo Geológico

Toda la información levantada en campo ha sido registrada en las siguientes fichas técnicas a fin de recaudar datos relevantes para la actualización y generación de mapas temáticos.

Adicional se realizaron las columnas lito-estratigráficas de ambos afloramientos, que están en la sección de APÉNDICES – A. Columnas Estratigráficas (ver Figura A.1 y A.2).

Tabla 3.1 Ficha Técnica N°1 (A1-E1)

Ficha Técnica N°1			
Nombre y código:	Afloramiento 1 – Estación 1		
Coordenadas:	625502	10095549	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Estación inicial ubicada a la entrada de Súa en hacia Atacames.		
Descripción:	<p>En esta estación se observan estratos compuestos por capas que presentan alternancia entre conglomerado y areniscas, además presentan una matriz de arena que varía entre tamaño medio a grueso. Además, en dichas capas se visualizan diferentes tonalidades que van variando entre café amarillento (capa joven en la parte superior) y café oscuro grisáceo en las capas inferiores más antiguas. Entre las capas se encuentran contactos concordantes y en la zona inferior de capas más antiguas se presentaban contacto erosivo (Figura 3.4). El estrato se encuentra con múltiples fracturas tipo diaclasas, algunas han sido rellenadas con sedimentos finos de arena y sílice. En la Figura 3.4 y 3.5 se puede apreciar estratificación cruzada y pequeños restos de conchitas denominadas coquinas.</p>		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E1)	N274°	22°NE	
Diaclasa (D1.1)	N170°	48°SW	
Diaclasa (D1.2)	N184°	80°NW	
Diaclasa (D1.3)	N197°	57°SW	
Diaclasa (D1.4)	N190°	72°SW	
Diaclasa (D1.5)	N223°	42°SW	

Figura 3.2. Estrato con presencia de múltiples diaclasas (D1.1 y D1.2)



Figura 3.3. Vista superior del estrato con presencia de diaclasas (D1.2)

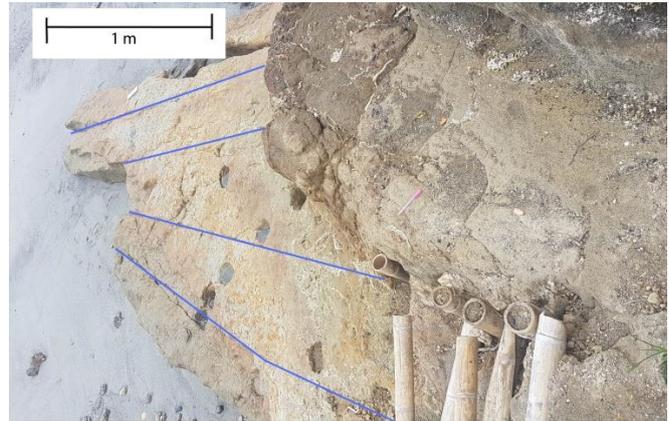


Figura 3.4. Múltiples diaclasas (D1.3) y (D1.4) rellenas de sílice y arena fina

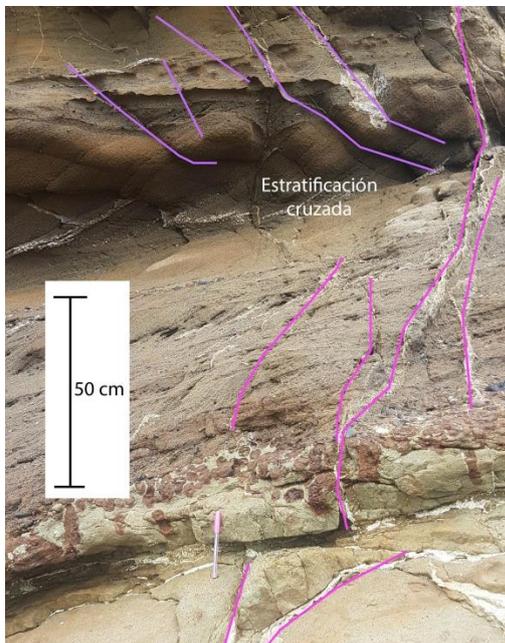


Figura 3.5. Múltiples diaclasas (D1.5) y estratificación cruzada

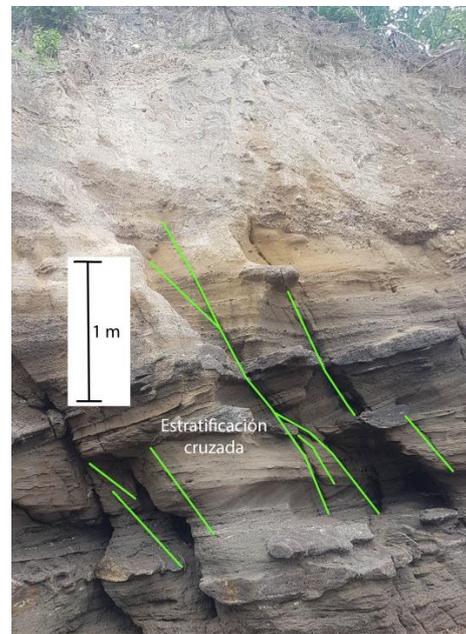


Tabla 3.2 Ficha Técnica N°2 (A1-E2)

Ficha Técnica N°2			
Nombre y código:	Afloramiento 1 – Estación 2		
Coordenadas:	625529	10095554	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Segunda estación en la entrada de Súa avanzando hacia Atacames.		
Descripción:	Se observó el afloramiento (Figura 3.6) con presencia en la parte inferior de arena que varía entre grano grueso a medio de color gris y		

marrón, además en la parte superior se encuentra compuesto por lutitas de coloración amarillo pálido. También se pudo observar que el estrato se encuentra con múltiples familias de diaclasas y hay la presencia de un derrumbe a consecuencia de eventos tectónicos donde se generó una falla tipo normal (FN2.1). En la Figura 3.7 se aprecia el desprendimiento de bloques de <1.70m, pero el bloque más grande desprendido es de aproximadamente 3.70m (Figura 3.8), además presentaron variaciones de cantos subredondeados de tamaño <20cm.

Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento
Estratificación (E2)	N254°	20°NE
Diaclasa (D2.1)	N181°	69°SW
Diaclasa (D2.2)	N197°	72°SW
Falla Normal (FN2.1)	N194°	73°SW

Figura 3.6. Estratificación con diaclasas (D2.1) y deslizamiento de material

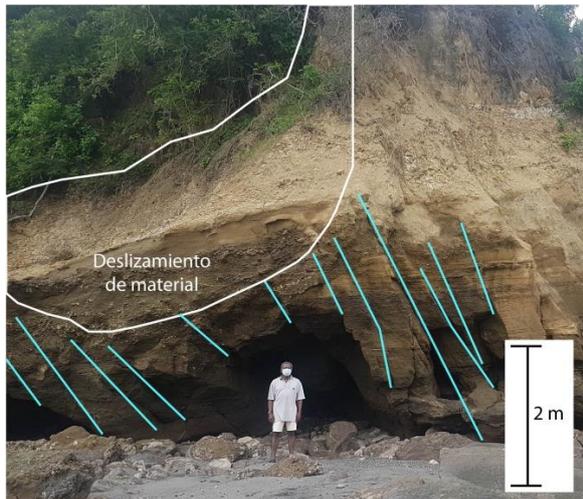


Figura 3.7. Desprendimiento de bloques y presencia de una falla normal (FN2.1) junto con diaclasas (D2.2)



Figura 3.8. Bloque desprendido del estrato a causa de la erosión



Tabla 3.3 Ficha Técnica N°3 (A1-E3)

Ficha Técnica N°3			
Nombre y código:	Afloramiento 1 – Estación 3		
Coordenadas:	625543	10095541	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Tercera estación en la entrada de Súa avanzando hacia Atacames.		
Descripción:	<p>Se encuentra la estratificación compuesta por granos de tamaño de arena media y gruesa de color grisácea a marrón en las capas medio inferior, mientras que en la parte superior del estrato se encuentra conformado por granos de tamaño limo de color amarillo pálido. Se encontraron múltiples diaclasas (D3.1) y la presencia de fallas normales (FN3.1) (ver Figura 3.9), debido a esfuerzos tectónicos ocurridos en la zona provocaron el debilitamiento del terreno y se ha producido deslizamiento de material (ver Figura 3.10). La variación de tonalidades desde la parte media a inferior que se va oscureciendo junto con las partes “comidas” del estrato se debe a la erosión de la zona a causa del impacto de las olas del mar en pleamar con el estrato. Se observan bloques <1.20m que han sido resquebrajados del estrato principal, además en la Figura 3.10 se visualiza que el estrato presenta clastos subredondeados <12cm.</p>		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E3)	N182°	19°NE	
Diaclasa (D3.1)	N183°	58°SW	
Falla Normal (FN3.1)	N185°	69°SW	
<p>Figura 3.9. Diaclasas (D3.1) y fallas normales (FN3.1)</p> 		<p>Figura 3.10. Material deslizado de limo sobre el estrato hundido del lado derecho</p> 	

Tabla 3.4 Ficha Técnica N°4 (A1-E4)

Ficha Técnica N°4			
Nombre y código:	Afloramiento 1 – Estación 4		
Coordenadas:	625564	10095551	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Cuarta estación en la entrada de Súa avanzando hacia Atacames.		
Descripción:	<p>En la presente estratificación las capas se encuentran paralelamente estratificadas. Contienen tamaño de grano con intercalaciones entre capas de arenisca media a gruesa de color grisácea a marrón y lutita de color gris verdoso. En la Figura 3.11 es posible observar que el estrato presenta una gran falla normal (FN4.1). También se aprecian bloques desprendidos producto de la erosión del estrato con el mar y por eventos tectónicos, tienen un tamaño >1m. La parte oscura es material de arena media está meteorizada puesto que solamente la parte externa presentó ese cambio en su coloración. En la Figura 3.12, se logra apreciar la presencia de diaclasas (D4.1) en los cuadritos rojos e intercalaciones de lutitas verdosas y arena media parduzcas, también se visualizan fracturas en la parte inferior que han sido rellenadas con sedimentos de arena y sílice.</p>		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E4)	N255°	19°NE	
Falla Normal (FN4.1)	N179°	75°SW	
Diaclasas (D4.1)	N175°	82°SW	
<p>Figura 3.11. Falla Normal (FN4.1), deslizamiento de material y desprendimiento de bloques</p> 		<p>Figura 3.12. Visualización de diaclasas (D4.1)</p> 	

Tabla 3.5 Ficha Técnica N°5 (A1-E5)

Ficha Técnica N°5			
Nombre y código:	Afloramiento 1 – Estación 5		
Coordenadas:	625583	10095563	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Quinta estación en la entrada de Súa avanzando hacia Atacames.		
Descripción:	<p>En este afloramiento se visualiza notoriamente que las capas presentan un tamaño de grano de arenisca media de color gris marrón y también la presencia de lutita en las zonas gris verdoso, las partes de color café oscuro tomaron ese color a consecuencia de la meteorización a la que está expuesto el estrato con el mar.</p> <p>Además en esta estación se evidencia una estratificación su paralela la cual presenta discontinuidades debido a la presencia de fallas normales (FN5.1 y FN5.2). También presenta en la parte inferior del estrato una parte erosionada tomando forma de pequeña cueva. En la Figura 3.13 se evidencian fracturas tipo diaclasas (D5.1 y D5.2) y bloques que se encuentran desligados del estrato principal los cuales miden <1.10m. La Figura 3.14 muestra que la matriz es de tamaño de grano de arena media que soporta clastos <5cm. En la Figura 3.15 el estrato presenta arena media que contiene restos de moluscos denominados coquinas y clastos <3cm</p>		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E5)	N252°	15°SW	
Falla Normal (FN5.1)	N64°	75°NW	
Falla Normal (FN5.2)	N220°	64°SW	
Diaclasa (D5.1)	N214°	78°SW	
Diaclasa (D5.2)	N193°	72°SW	

Figura 3.13. Presencia de Fallas Normales (FN5.1 y FN5.2) y diaclasas (D5.1 y D5.2)

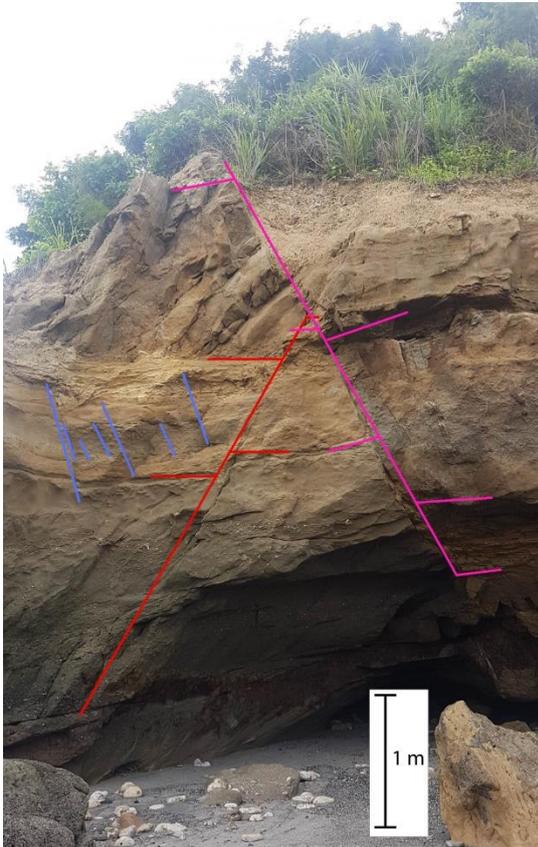


Figura 3.14. Matriz arena media que soporta clastos <5cm



Figura 3.15. Matriz de arena media que contiene restos de moluscos y clastos <3cm



Tabla 3.6 Ficha Técnica N°6 (A1-E6)

Ficha Técnica N°6			
Nombre y código:	Afloramiento 1 – Estación 6		
Coordenadas:	625594	10095560	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Quinta estación en la entrada de Súa avanzando hacia Atacames.		
Descripción:	En este afloramiento se tiene predominancia por una matriz de arenisca de grano medio a grueso de color gris a marrón en la parte inferior del estrato, situándose allí las capas más antiguas y el color oscuro de dichas capas se debe a proceso de metamorfismo. Además es posible ver que hay zonas huecas (Figura 3.17 cuadro rojo) ya que el impacto de las olas cuando hay pleamar choca con el estrato inferior y van erosionando al material, en la parte superior solo hay arenisca media de color		

	amarillento sin ser erosionado. Es posible identificar que se produjo un deslizamiento de la ladera puesto que en la Figura 3.16 se visualiza el material deslizado. También se visualiza una falla tipo normal (FN6.1) y en la Figura 3.20 se denotan algunas de las múltiples fracturas que tiene el estrato (D6.1).	
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento
Estratificación (E6)	N287°	24°NE
Falla Normal (FN6.1)	N185°	78°SW
Diaclasa (D6.1)	N196°	71°SW

Figura 3.16. Estratificación cruzada con falla normal (FN6.1) y deslizamiento de material en la parte superior izquierda.

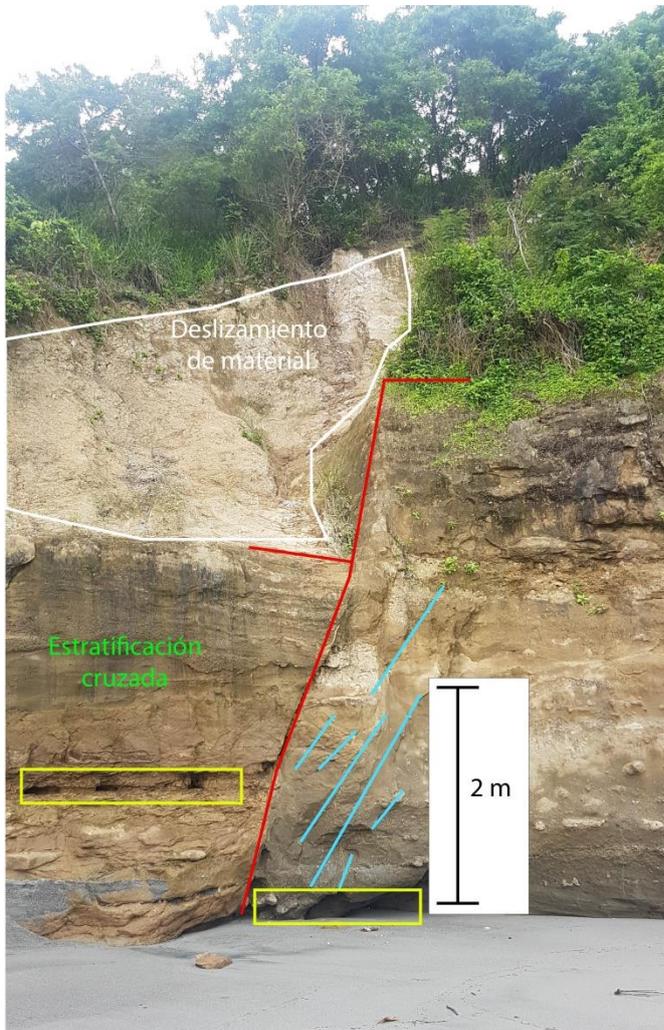


Figura 3.17. Visualización de diaclasas (D6.1) y en la parte inferior hay zonas huecas producto de la erosión.

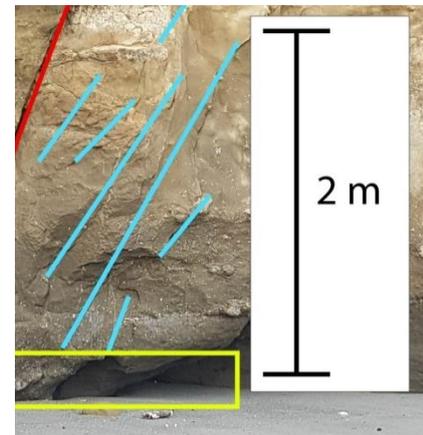


Tabla 3.7 Ficha Técnica N°7 (A1-E7)

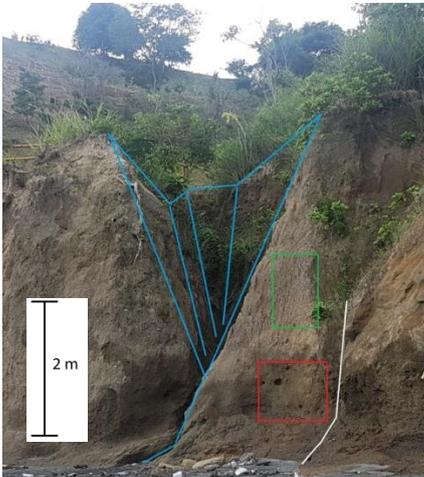
Ficha Técnica N°7			
Nombre y código:	Afloramiento 1 – Estación 7		
Coordenadas:	625622	10095524	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Quinta estación en la entrada de Súa avanzando hacia Atacames. En la parte superior de la montaña se encuentra el mirador “Peñón suicida” es el nuevo atractivo turístico de Súa-Atacames.		
Descripción:	El afloramiento presenta composición única de material tamaño arena medio a grueso del tipo de gradación normal, de color grisáceo parduzco. Presenta estratificación subparalela inclinada, en la Figura 3.18 se aprecia una parte del afloramiento donde se produjo un hundimiento del terreno y en la actualidad se ha originado una zona de deslizamiento ya que las olas del mar al haber pleamar llegan y comienzan a erosionar y deslizar el material. En la Figura 3.19 se aprecia que el estrato presenta múltiples fracturas (D7.1) y una gradación de sedimentos normal.		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E7)	N251°	25°NE	
Fractura (D7.1)	N197°	64°SW	
Falla Normal (FN7.1)	N222°	72°NW	
Figura 3.18. Deslizamiento de material arena media-gruesa con gradación normal y estrato con zonas erosionadas.	Figura 3.19. Múltiples fracturas (F7.1) en la E7.		
			

Tabla 3.8 Ficha Técnica N°8 (A1-E8)

Ficha Técnica N°8			
Nombre y código:	Afloramiento 1 – Estación 8		
Coordenadas:	625680	10095560	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Octava estación, muy cerca a la parte donde comienza la delimitación de Atacames.		
Descripción:	Estratificación con presencia de granos de tamaño arena media a gruesa que presenta coloración gris a marrón. Contiene clastos <17cm en poca cantidad, en la Figura 3.20 en la parte inferior se aprecia una zona hueca creada a consecuencia de la erosión a la que se ha sometido el estrato. Además, se puede observar la presencia de una falla normal (FN8.1) en la parte central de la imagen y acompañada de múltiples diaclasas (D8.1).		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E8)	N263°	27°NE	
Fractura (F8.1)	N214°	61°SW	
Falla Normal (FN8.1)	N142°	74°NE	

Figura 3.20. Diaclasas (D8.1) y en la parte central se aprecia la falla tipo normal (FN8.1)

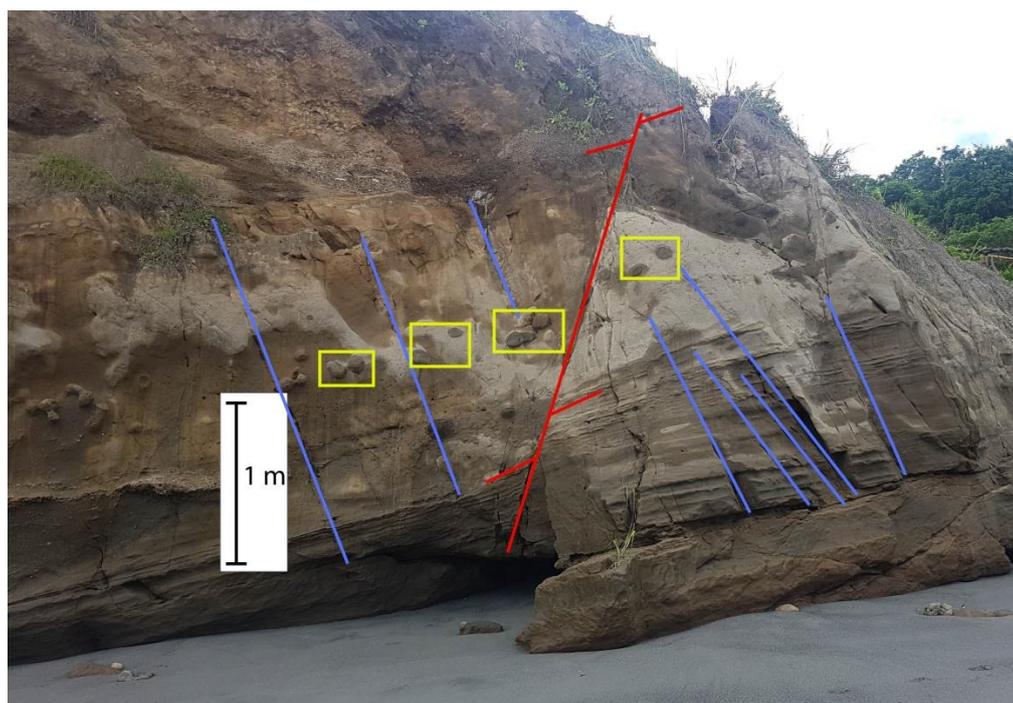


Tabla 3.9 Ficha Técnica N°9 (A1-E9)

Ficha Técnica N°9			
Nombre y código:	Afloramiento 1 – Estación 9		
Coordenadas:	625731	10095570	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Estación final, culminando la parte de Súa y empezando la parte de Atacames.		
Descripción:	<p>Estatificación subparalela horizontal con tamaño de grano correspondiente a arena media a gruesa variando en coloración de gris a marrón, acompañada por intercalación de capas finas con tamaño de grano limo de coloración gris verduzca correspondiente a lutita, también se evidencia la presencia de clastos subredondeados <17cm en la parte inferior del estrato, una continuación de la secuencia de la estación anterior (ver Figura 3.22). Presenta varias fracturas tipo diaclasa (D9.1) y un gran deslizamiento de material en la parte superior del estrato tal como se observa en la Figura 3.21. Es posible apreciar que la gradación de los sedimentos va de tipo normal.</p>		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E9)	N263°	20°NE	
Diaclasa (F9.1)	N281°	68°SW	
<p>Figura 3.21. Estrato con diaclasas (D9.1) y deslizamiento de material arenisca</p> 		<p>Figura 3.22. Estratificación subparalela horizontal, con presencia de varias fracturas y con clastos <15cm en la parte inferior del estrato</p> 	

Tabla 3.10 Ficha Técnica N°10 (A1-E10)

Ficha Técnica N°10			
Nombre y código:	Afloramiento 1 – Estación 10		
Coordenadas:	625772	10095584	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Estación final, culminando la parte de Súa y empezando la parte de Atacames.		
Descripción:	<p>Este afloramiento presenta estratificación subparalela, con tamaño de grano que varía de arenisca media a gruesa y muy finas capas de limo color verduzco, presenta gradación normal y contactos concordantes entre las capas. En la Figura 3.23 se aprecia varias fracturas (F10.1) y una falla tipo normal en la parte inferior derecha del estrato. También se aprecia zonas huecas debido a la erosión a la que han sido sometidas las capas, mientras que en la parte superior se visualiza vegetación y más fracturas que presenta en su mayoría el estrato. Además en la Figura 3.24 es notorio el desprendimiento de grande bloques que ha tenido este afloramiento, aproximadamente los bloques son <1,70m. Al parecer ha habido eventos tectónicos y la erosión que debilitaron al estrato hasta que se empezó a producir derrumbes de bloques formando los volcamientos. Presentan las capas una gradación normal de sedimentos.</p>		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E10)	N274°	25°NE	
Diaclasa (D10.1)	N297°	45°SW	
Falla Normal (FN10.1)	N184°	58°NW	

Figura 3.23. Presenta falla normal (FN10.1) y algunas diaclasas (D10.1)

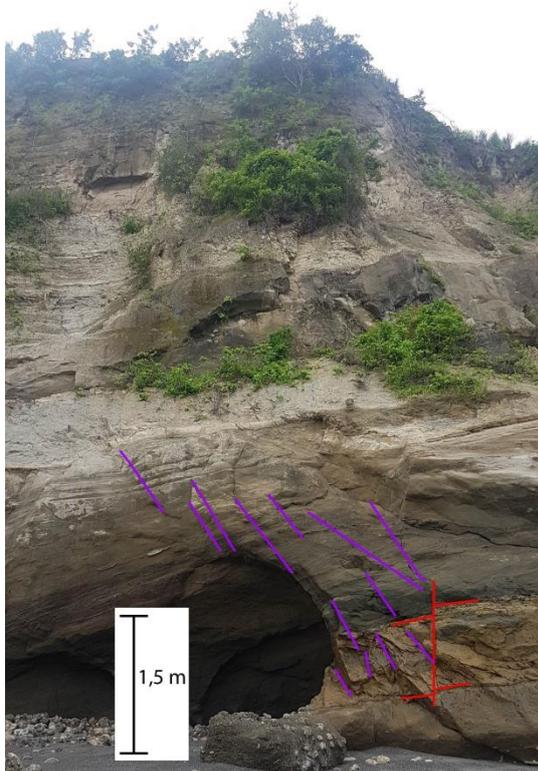


Figura 3.24. Desprendimiento de bloques formando volcamiento

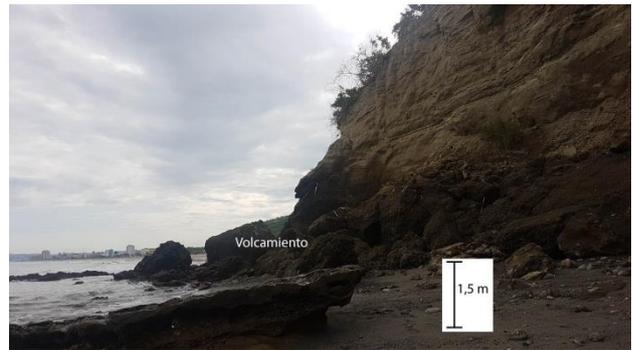


Tabla 3.11 Ficha Técnica N°11 (A2-E11)

Ficha Técnica N°11			
Nombre y código:	Afloramiento 2 – Estación 11		
Coordenadas:	624821	10095878	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Parte del estuario en donde está próximo a unirse el río con el mar.		
Descripción:	Esta estratificación presenta grano arena media y lutita en la parte inferior mezclada, consecutivamente se encuentran capas bien estratificadas con contactos concordantes y paralelas horizontales con intercalaciones entre capas de lutita color verduzco y arena media a gruesa de color gris parduzco. En la Figura 3.25 se observa las capas y la presencia de múltiples fracturas (F11.1) y diaclasas (D11.1). En la figura 3.26 se puede apreciar una parte de la geomorfología de la zona, donde hay predominancia de montañas con abundante vegetación encima, y la presencia de un meandro medio seco cercano en donde se produce una desembocadura del mismo hacia el mar.		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	

Estratificación (E11)	N225°	22°NE
Fractura (F11.1)	N168°	75°NE
Diaclasa (D11.1)	N172°	71°NE
<p>Figura 3.25. Estratificación (E11) paralela horizontal compuesta por arena y limo, se presentan fracturas (F11.1) y diaclasas (D11.1).</p> 		<p>Figura 3.26. Vista panorámica de la estación N°11, parte del meandro de la zona.</p> 

Tabla 3.12 Ficha Técnica N°12 (A2-E12)

Ficha Técnica N°12			
Nombre y código:	Afloramiento 2 – Estación 12		
Coordenadas:	624890	10095918	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Parte del estuario en donde se produce la desembocadura del río al mar.		
Descripción:	<p>En el estrato se encuentra compuesto por arenisca de grano medio que presenta coloración grisácea, además se evidenció la presencia de lutita de color amarillo marrón en la parte baja de la estratificación y más debajo de color verde debido a la mohosidad que le ha impuesto el ambiente fluvial de la zona, erosionando así el material, también es posible divisar múltiples cantos (<60cm) que se han desprendido del estrato principal a causa de la erosión y de eventos tectónicos suscitados. En la Figura 3.27 se visualiza en la parte superior diaclasas muy grandes (D12.1) y la presencia de fallas normales (FN12.1 y FN12.2) lo mismo sucede a escasos 3 metros en la Figura</p>		

	3.28 se ha capturado otra falla del tipo normal (FN12.3). En la parte inferior debido a la erosión se aprecia zonas huecas, allí se encuentran gran variedad de moluscos (caracoles <1cm) y crustáceos (cangrejos <3cm).	
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento
Estratificación (E12)	N225°	23°NE
Diaclasa (F12.1)	N172°	39°SW
Falla Normal (FN12.1)	N178°	71°SW
Falla Normal (FN12.2)	N120°	80°NE
Falla Normal (FN12.3)	N153°	62°NE

Figura 3.27. Visualización de diaclasas con predominancia (D12.1) acompañadas por fallas normales (FN12.1 y 12.2)



Figura 3.28. A escasos 3m se encuentra otra falla normal (FN12.3) y cantos (<60cm) producto de la erosión del estrato

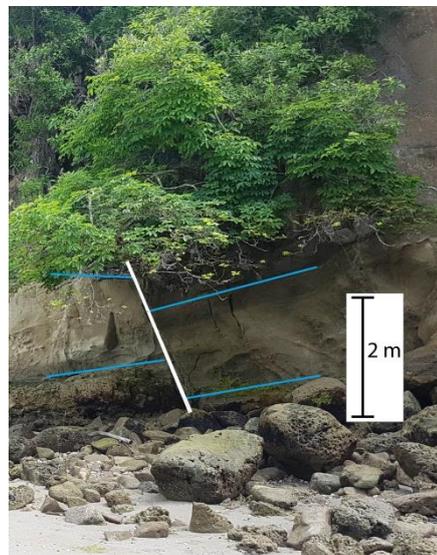


Tabla 3.13 Ficha Técnica N°13 (A2-E13)

Ficha Técnica N°13			
Nombre y código:	Afloramiento 2 – Estación 13		
Coordenadas:	624993	10	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Finalización del meandro y el comienzo de la parte del mar.		
Descripción:	La estratificación presenta predominancia de material tipo arena media de coloración grisácea parduzca, también presenta lutita amarilla verduzca, además en su parte inferior se aprecia abundante agujeros y una especie de		

cueva tal como se aprecia en la Figura 3.29, que se ha formado producto de la erosión ambiental y el movimiento tectónico, los bloques son <1.60m y en la parte superior del estrato se evidencia abundante vegetación. A la izquierda de la cueva se aprecia una gran falla normal (FN13.1). En la figura 3.30 se observa al lado derecho de la cueva algunas fracturas (D13.1) y otra falla normal (FN13.2), y más cantos <75cm. Finalmente en la figura 3.31 se aprecian abundancia de diaclasas (D13.3) y fallas del tipo normal (FN13.3).

Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento
Estratificación (E13)	N178°	19°NE
Falla Normal (FN13.1)	N115°	79°SW
Falla Normal (FN13.2)	N126°	61°NE
Falla Normal (FN13.3)	N098°	81°NE
Diaclasa (D13.1)	N129°	45°NE
Diaclasa (D13.2)	N107°	69°NE

Figura 3.29. Formación de cueva debido a la erosión y desprendimiento de bloques, con presencia de falla norma (FN13.1)



Figura 3.30. Diaclasas (D13.1) y falla normal (FN13.2).



Figura 3.31. Diaclasas (D13.2) y fallas normales (FN13.3)



Tabla 3.14 Ficha Técnica N°14 (A2-E14)

Ficha Técnica N°14			
Nombre y código:	Afloramiento 2 – Estación 14		
Coordenadas:	624993	10095882	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Parte más alejada de la desembocadura del río con el mar.		
Descripción:	<p>En el estrato se registró que está compuesto por arena grano medio de color grisácea parduzca además de la presencia de lutita amarillenta y algo rojiza. El estrato presenta concordancia entre sus capas y una deposición subparalela tal como se aprecia en la Figura 3.32, además muestra una gran cantidad de fracturas (F14.1 y F14.2) y la aparición de fallas de tipo normal (FN14.1), en la parte inferior del estrato se aprecia variaciones en la tonalidad del material, esto se debe a la erosión del ambiente al estrato al igual que los espacios hueco y restos de bloques que se han desgarrado del estrato principal (ver Figura 3.34 y 3.35). En la Figura 3.33 se observa espacios huecos que parecen mini cuevas, que aproximadamente son <1.65m y con profundidad <2m. También presenta más fallas normales (FN14.2, FM14.3) y cantos menores <1m.</p>		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E14)	N164°	14°NE	
Fracturas (F14.1)	N95°	70°SW	
Fracturas (F14.2)	N101°	63°SW	
Falla Normal (FN14.1)	N120°	41°SW	
Falla Normal (FN14.2)	N122°	54°SW	
Falla Normal (FN14.3)	N98°	75°SW	

Figura 3.32. Presencia de fallas normales (FN14.1) y múltiples fracturas (F14.1).



Figura 3.33. Varias fallas normales (FN14.1) y disposición subparalela de las capas.



Figura 3.34. Desprendimiento de material y presencia de fracturas (F14.2) y fallas tipo normal (FN14.3)



Figura 3.35. Vista interna de la zona hueca con una falla normal (FN14.3) visible y fracturas (14.2).

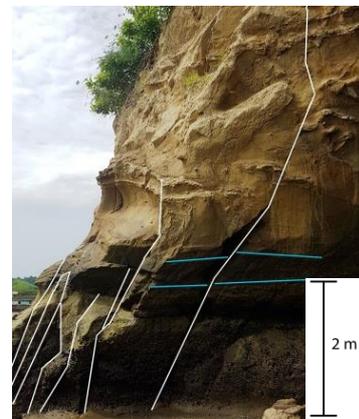


Tabla 3.15 Ficha Técnica N°15 (A2-E15)

Ficha Técnica N°15			
Nombre y código:	Afloramiento 2 – Estación 15		
Coordenadas:	624986	10095920	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Zona frente al mar, se pudo llegar allí gracias al horario de bajamar.		
Descripción:	La estratificación que presenta la estación E15 es subparalela (ver Figura 3.36) y compuesta por arcilla grisácea y con tonalidades parduzcas, también presencia de lutita amarilla y algo rojiza. En la Figura 3.37 se aprecia que presenta zona de derrumbe de ladera, por		

lo que el material se ha deslizado con cantos <30cm, también se evidenciaron múltiples fracturas (F15.1) a causa de eventos tectónicos y la erosión del estrato en la parte inferior por contacto con el mar. En la Figura 3.38 se aprecian más fracturas (F15.2) y una falla normal (FN15.1) y en la figura 3.39 se observa que la erosión ha provocado porosidad de los bloques, puesto que presentan muchos espacios vacíos y cambio de coloración a tonalidades más oscuras.

Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento
Estratificación (E15)	N220°	25°NE
Fractura (F15.1)	N167°	68°SW
Fractura (F15.2)	N145°	71°NE
Falla Normal (F15.1)	N136°	59°NE

Figura 3.36. Estratificación subparalela (E15)



Figura 3.37. Deslizamiento de material y múltiples fracturas (F15.1)



Figura 3.38. Falla normal (FN15.1) y fracturas (F15.2)



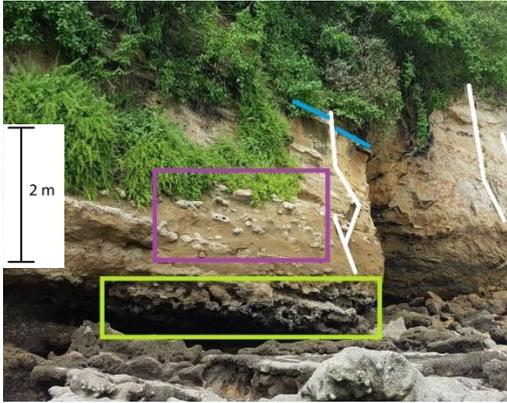
Figura 3.39. Erosión da la apariencia porosa a los las capas de la estratificación (E15)



Tabla 3.16 Ficha Técnica N°16 (A2-E16)

Ficha Técnica N°16			
Nombre y código:	Afloramiento 2 – Estación 16		
Coordenadas:	625003	10095986	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Zona frente al mar, se pudo llegar allí gracias al horario de bajamar.		
Descripción:	<p>En el estrato se registró que está compuesto por arena grano medio de color grisácea parduzca además de la presencia de lutita amarillenta y algo rojiza. La deposición de las capas presenta contacto concordante y la disposición de las capas es subparalela. Como se aprecia en la Figura 3.40 se aprecia que el estrato presenta una matriz de arena media soportando clastos <14cm subredondeados y una falla normal (FN14.1) junto con una gran fractura (F16.1). En la Figura 3.41 se aprecia a la izquierda múltiples fracturas (F16.2) y en la zona inferior es muy visible ver el cambio de coloración del material del estrato y la presencia de zonas huecas todo esto producto de la erosión propia del ambiente marino al que está sometido el estrato por su ubicación costera.</p>		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E16)	N225°	30°NE	
Fractura (F16.1)	N147°	72°SW	
Fractura (F16.2)	N133°	85°SW	
Falla Normal (FN16.1)	N152°	81°SW	
<p>Figura 3.40. Falla normal (FN16.1) y fractura (F16.1), clastos en la matriz de arena media.</p> 		<p>Figura 3.41. Múltiples fracturas (F16.2) al lado izquierdo y notable erosión en el estrato.</p> 	

Tabla 3.17 Ficha Técnica N°17 (A2-E17)

Ficha Técnica N°17			
Nombre y código:	Afloramiento 2 – Estación 17		
Coordenadas:	624994	10096038	WGS84 UTM 17N
Referencia:	Zona frente a mar adentro, se pudo llegar allí gracias al horario de bajamar.		
Descripción:	<p>En el estrato se encuentra compuesto por arenisca de grano medio que presenta coloración grisácea, además se evidenció la presencia de lutita de color amarillo marrón en la parte baja de la estratificación y más debajo de tonos de amarillo oscurecido, debido a la erosión ambiental a la que ha sido sometido el estrato. También es posible divisar múltiples cantos <60cm, tal como se aprecian en las Figuras 3.42 y 3.43, los cuales anteriormente habían sido parte el estrato principal. Y por efectos tectónicos y la erosión promovieron a que se desprendan. Además en el cuadro violeta se puede observar la presencia de clastos <23cm que están siendo soportados por una matriz de arena media.</p>		
Datos Estructurales:	Rumbo	Buzamiento	
Estratificación (E17)	N218°	25°NE	
Fractura (F17.1)	N167°	58°SW	
Falla Normal (FN17.1)	N143°	63°SW	
<p>Figura 3.42. Presencia de falla normal (FN17.1) en la estratificación (E17).</p> 		<p>Figura 3.43. Varias fracturas (F17.1) situadas en la estratificación (E17).</p> 	

3.3. Análisis de Resultados

Con los datos tomados en campo respecto al rumbo y buzamiento de las capas existentes en los afloramientos de la parroquia de Súa, se cargaron los datos al software Stereonet, y se determinó según las actitudes de los puntos (ver Figura 3.48) que los afloramientos presentan un rumbo promedio de N228° y buzamiento promedio 23°NW.

En la Figura 3.44 se aprecia los planos están representados por curvas y focos, adicional las curvas de nivel con rango de coloración indican la densidad de los puntos sobre el estereograma, siendo de menor concentración desde el color azul, hasta una mayor concentración de color rojo.

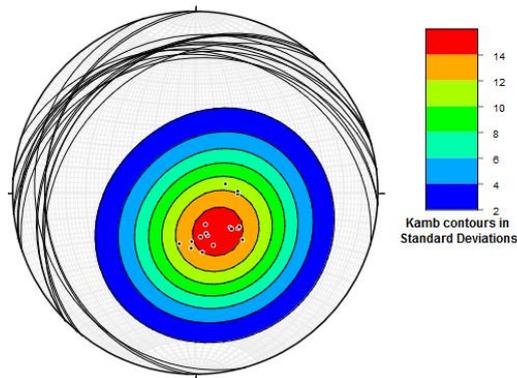


Figura 3.44 Actitudes de los estratos situados en los afloramientos de Súa

Con los mismos datos ingresados en Stereonet se aplicó la herramienta Diagrama de rosas (ver Figura 3.45), con la finalidad de tener una mejor interpretación y visualización de la orientación de las capas, se obtuvo rumbos entre N226° y N230°.

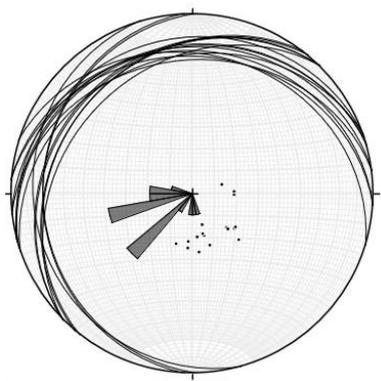


Figura 3.45 Aplicación del diagrama de rosas, rumbo entre 226° y 230°

Analizando los mismos datos en el software Faultkin, se obtuvo información sobre el tipo de mecanismo focal que está rigiendo en la zona de estudio, el cual como se observa en la Figura 50 se trata un desplazamiento vertical originado por esfuerzo de tensión provocando fallamiento normal en el área.

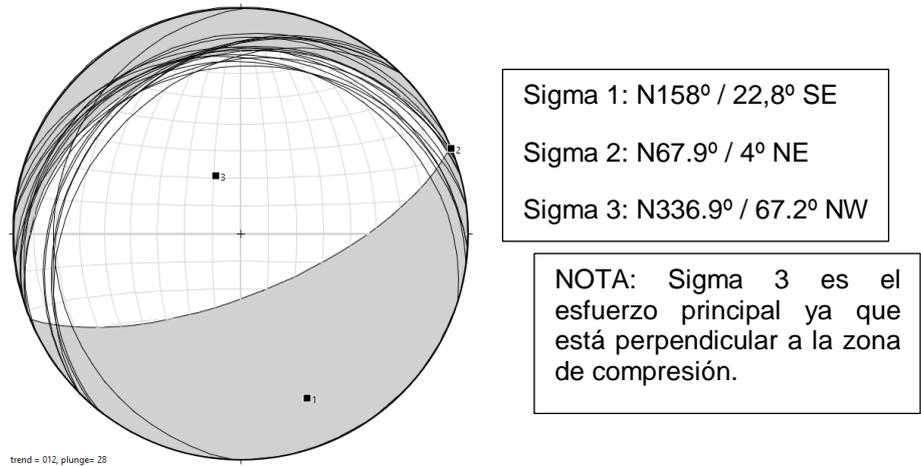


Figura 3.46 Determinación de los ejes cinemáticos (sigmas) y el mecanismo focal de tipo fallamiento normal

Con la representación de contornos (ver Figura 3.47) en coloración la zona roja corresponde a la parte sometida a esfuerzo de tensión, mientras que la zona azul estaría percibiendo un esfuerzo de compresión. Relacionando con la Figura 3.46 guardan semejanza la zona azul con la zona blanca de compresión y la zona roja con la zona gris de tensión.

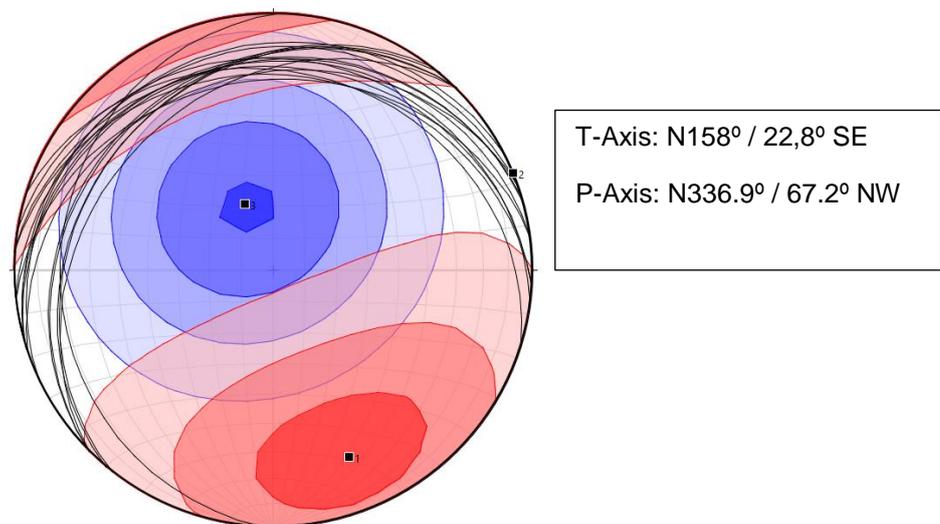


Figura 3.47 Aplicando contornos que definen las zonas sometidas a esfuerzos de tensión (T-Axis color rojo) y compresión (P-Axis color azul)

3.4. Mapas Temáticos

Con toda la información levantada en campo, adicionando las fuentes bibliográficas y los recursos digitales, como las imágenes satelitales y curvas de nivel, se pudo procesar y plasmar toda la información en los siguientes mapas temáticos.

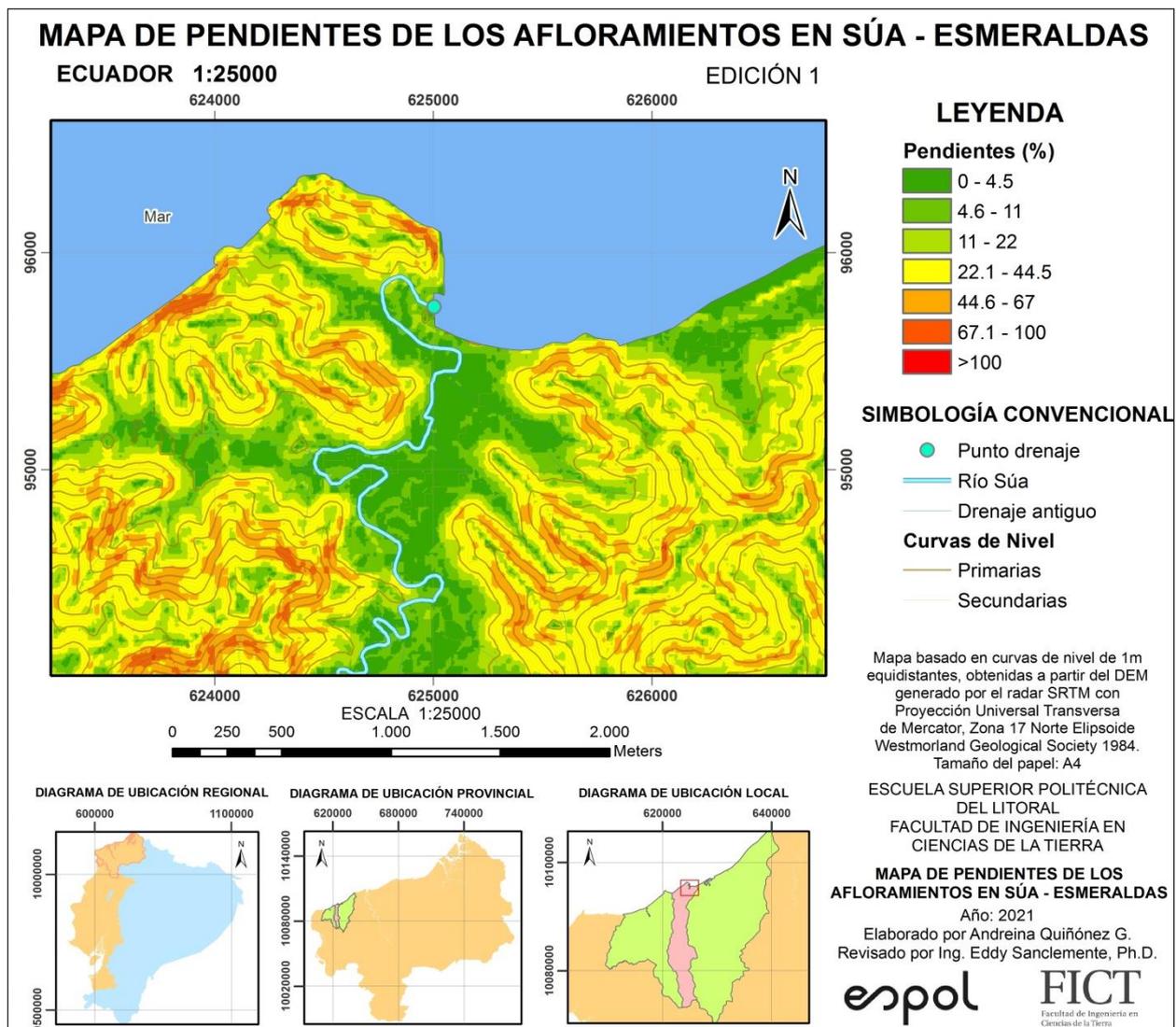


Figura 3.48 Digitalización del mapa de pendientes

Para la clasificación de las pendientes obtenidas de las curvas de nivel a 1m equidistante del DEM STRM, se basó en la clasificación de pendientes por porcentajes. (Araya-Vergara & Börgel, 1972)

Tabla 3.18 Clasificación de pendientes por porcentajes

Pendiente (%)	Concepto	Umbral Geomorfológico
0 - 4.5	Horizontal	Erosión nula a leve.
4.6 - 11	Suave	Erosión débil, difusa. Inicio de reguera. Soliflucción fría.
11.1 - 22	Moderada	Erosión moderada a fuerte. Inicio erosión lineal. Desarrollo de regueras.
22.1 - 44.5	Fuerte	Erosión Intensa. Erosión Lineal frecuente. Cárcavas incipientes.
44.6 - 67	Muy fuerte a medio escarpada	Cárcavas frecuentes. Movimientos en masa. Reptación.
67.1 - 100	Escarpada	Coluvionamiento. Soliflucción intensa.
>100	Muy escarpada a Acanalada	Desprendimiento y derrumbes. Corredores de derrubios frecuentes.

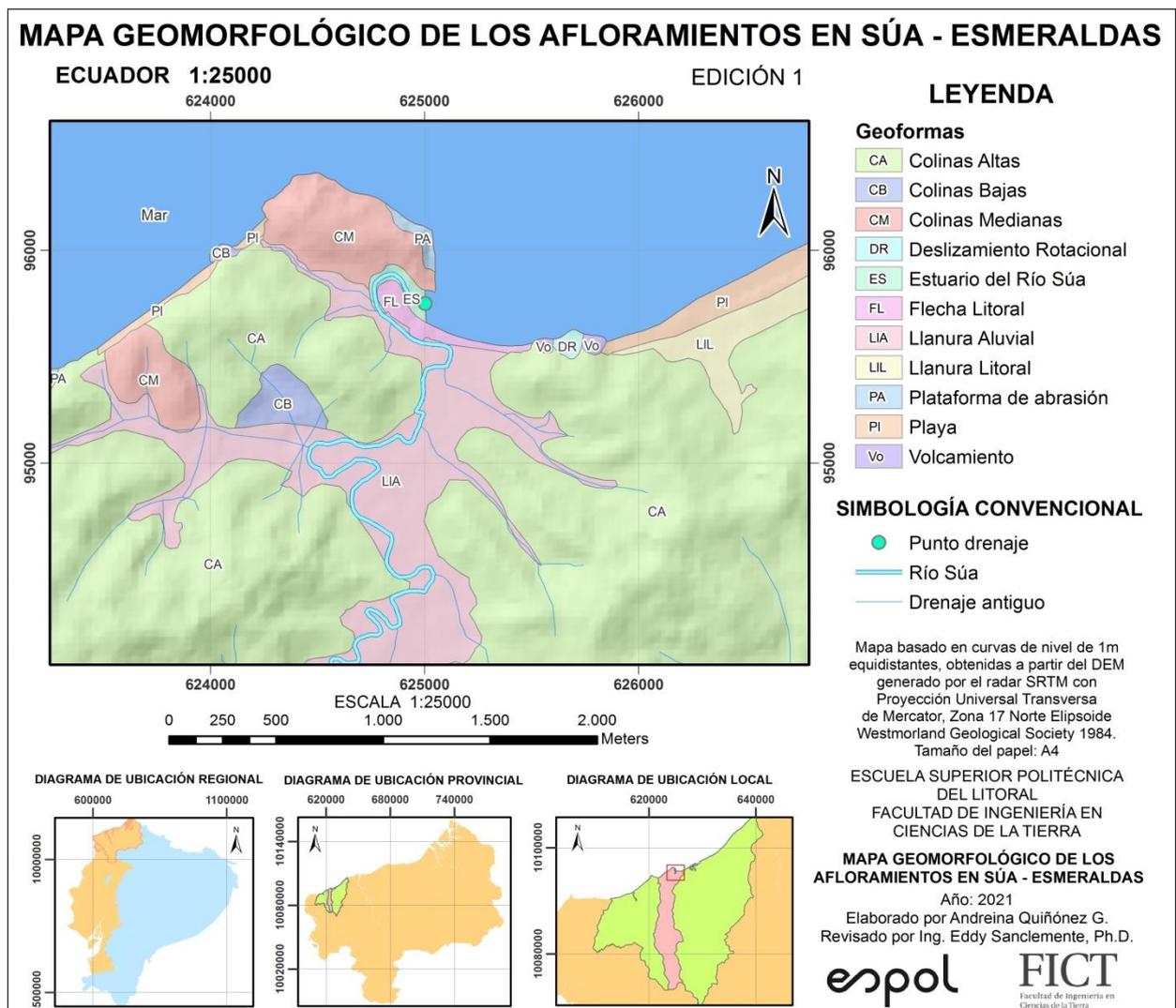


Figura 3.49 Digitalización del mapa geomorfológico

En el Mapa Geomorfológico se requirió inicialmente del reconocimiento y delimitación de las geformas a partir de la elaboración de perfil morfométrico (ver Figura B.4), adicional se sobrepuso el mapa pendiente y el TPI de matriz 7x7 junto con la revisión de las imágenes satelitales para reconocer la geomorfología que presenta el área de estudio (ver Figura B.1, B.2, B.3 y B.4).

Gracias al mapeo geológico realizado en campo se registraron las fichas técnicas de donde se extrajo información para la elaboración del mapa geológico, adicional se empleó la hoja geológica de Esmeraldas-Punta Galera (1980) a escala 1:100 000.

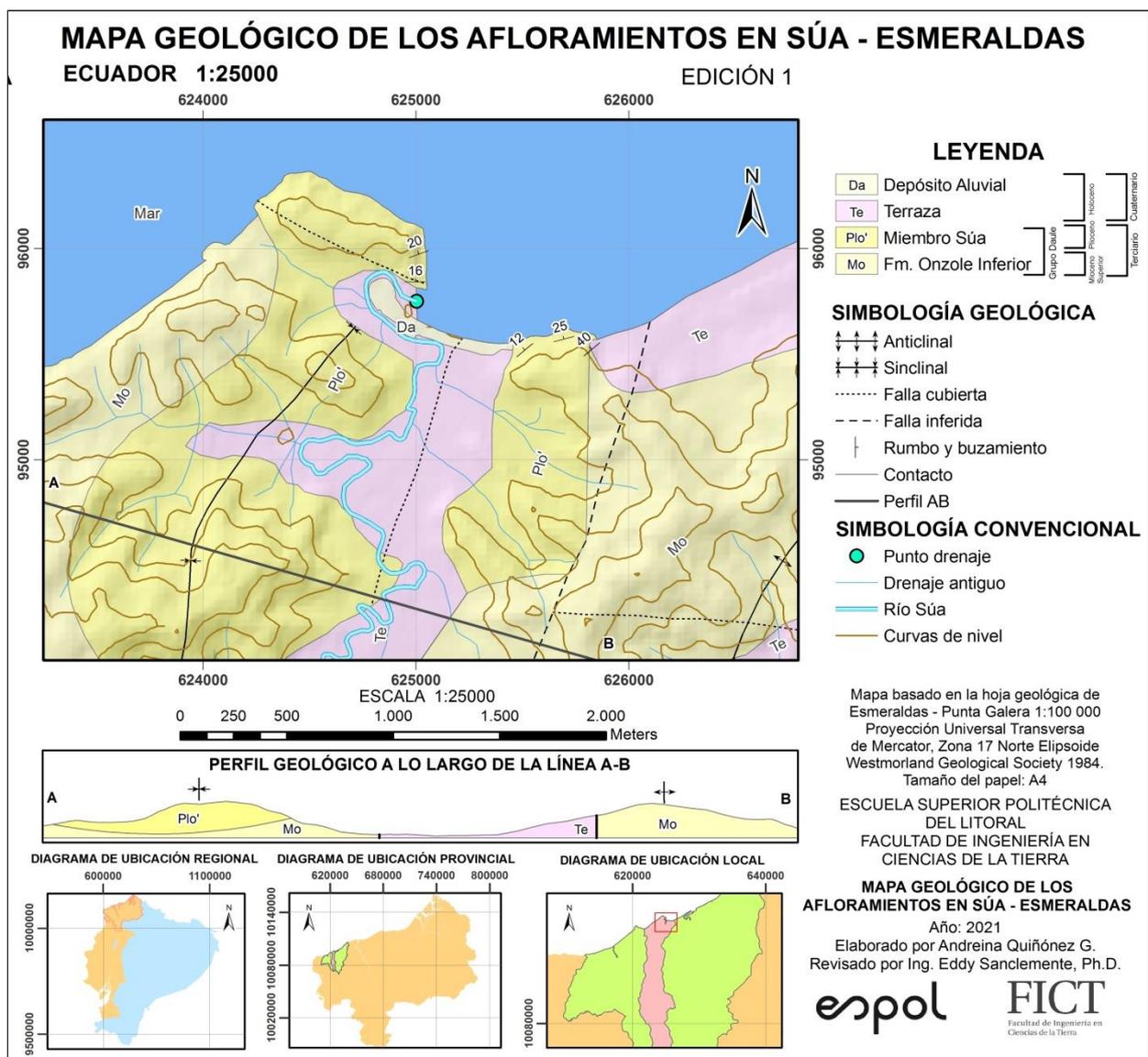


Figura 3.50 Digitalización del mapa geológico

Los datos de rumbo y buzamiento que fueron anotados en las fichas técnicas, fueron agregados al mapa estructural, adicional se empleó la hoja geológica y el análisis de las orientaciones que presentaban las capas que fue presentado en la Figura 3.48. Los rumbos varían entre N226° a N230° y los buzamientos de las capas fueron menores a los 40°, adicional en la sección de análisis de resultados se determinó que los datos recolectados son originados por los movimientos verticales suscitados en la zona.

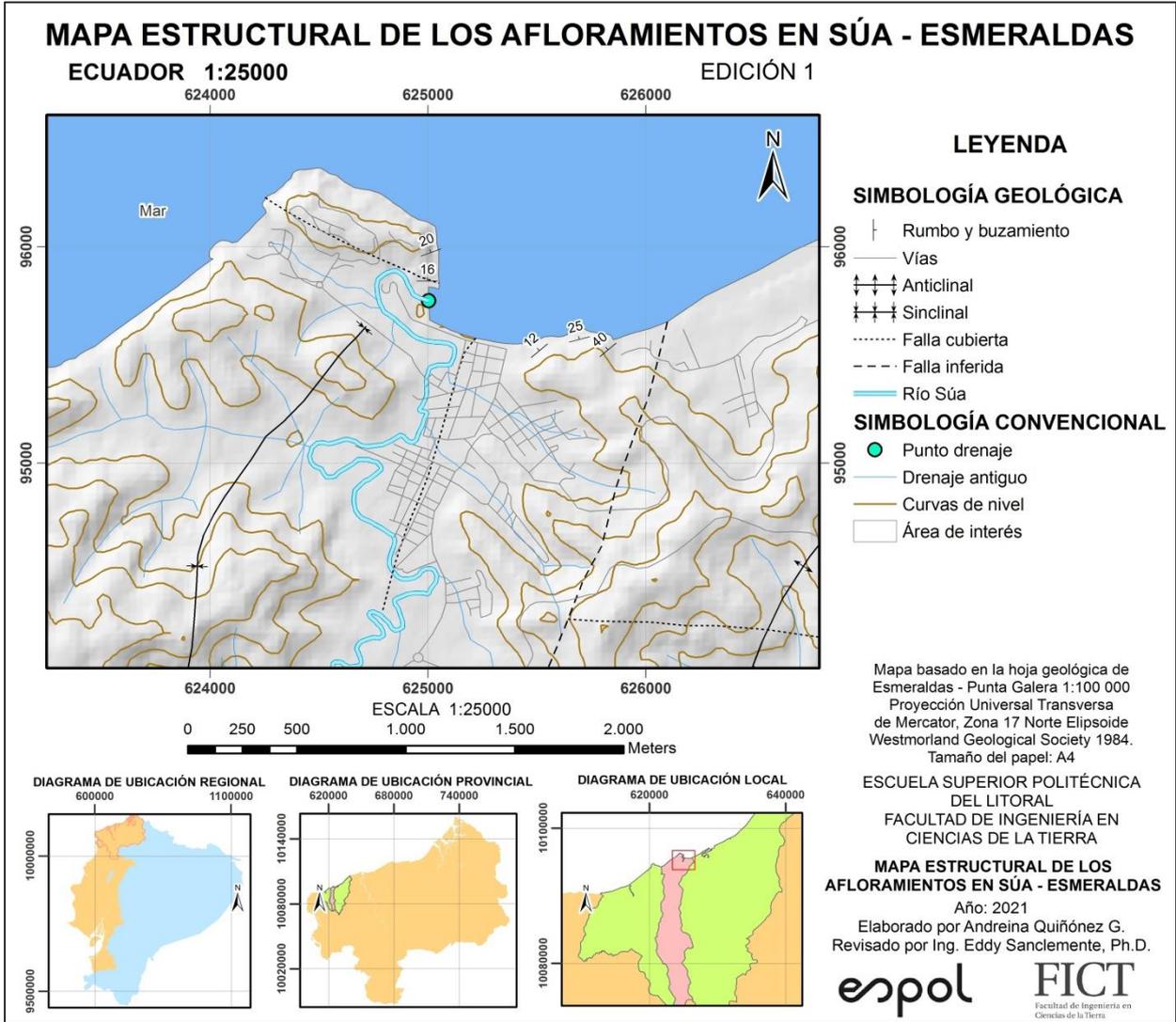


Figura 3.51 Digitalización del mapa estructural

3.1. Análisis de Costos

A continuación se presenta la Tabla, donde se ha detallado los costos relacionados con el desarrollo de los mapas temáticos.

Tabla 3.19 Presupuesto del proyecto

	Actividades	Personal	Costo	Horas	Días	Total
1	Alimentación del personal en campo.	2	\$7.00	1	20	\$280.00
2	Personal capacitado para la prospección y digitalización (geólogos).	1	\$7.00	4	60	\$1,680.00
3	Personal adicional para asistir el trabajo del geólogo.	1	\$3.00	4	20	\$240.00
						Presupuesto final neto: \$2,200.00

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo realizado aporta al conocimiento geológico, geomorfológico y estructural sobre los afloramientos situados en el área de Súa, proporcionando información actualizada en mapas temáticos, que permita al ingeniero civil comprender y seleccionar una óptima solución que responda de mejor manera ante el fuerte oleaje que ha destruido el malecón de Súa, siendo de gran importancia que se construya un nuevo malecón para la activación del turismo, ya que es el principal rubro del cual se benefician el 70% de los pobladores del sector.

4.1. Conclusiones

La recopilación de información bibliográfica de la zona de estudio acerca de la geológica, geomorfológica y el componente estructural, sirvió como guía para realizar la comparación de los datos tomados en campo, con lo cual se elaboró los mapas temáticos actualizados.

En la realización de los mapas temáticos se empleó curvas de nivel equidistantes a 1m a partir del modelo digital de elevación SRTM, se agregó datos de rumbo y buzamiento tomados en campo, con lo cual se delimitó los contactos litológicos, además se obtuvo el mapa sombra, mapa de pendientes y perfiles morfométricos con los que se identificó las geoformas y estructuras existentes en la zona de estudio, tales como: colinas altas, colinas medias, colinas bajas, deslizamiento rotacional, estuario del Río Súa, flecha litoral, llanura aluvial, llanura litoral, plataforma de abrasión, playa, volcamiento, drenajes, río Súa, falla cubierta e inferida, anticlinal, sinclinal, vías, Fm. Onzole inferior, Miembro Súa, Depósito aluvial y Terrazas.

Las estratificaciones de los afloramientos presentaron actitudes que corresponden a un rumbo promedio de N228° y buzamiento promedio 23°NW, además el mecanismo focal indica que la zona está siendo sometida a eventos extensionales generando fallamiento tipo normal.

Con toda la información bibliográfica, los datos tomados en campo y el procesamiento de archivos digitales se crearon cuatro mapas temáticos que presentan la información

geológica de la zona de interés, dichos mapas fueron denominados como: mapa de pendientes, mapa geomorfológico, mapa geológico y mapa estructural.

4.2. Recomendaciones

Para complementar este trabajo se recomienda llevar a cabo la toma de muestras a las lutitas, para poder realizar análisis petrográficos en laboratorio, puesto que la hoja geológica Esmeraldas-Punta Galera (1980) 1:100 000 hace referencia de que existe contenido fosilífero en el Afloramiento 1, específicamente desde la estación nº4 a la estación nº10.

Se recomienda la implementación de equipos avanzados como drones, desde los cuales se pueda ir registrando a mejor resolución la vista superior del área de estudio, puesto que en la parte de interpretación geomorfológica se presentaron dificultades para comprender bien el tipo de morfología que presentaba la zona, pero en gran parte se apoyó con las imágenes satelitales e imágenes tomadas en campo.

Es recomendable que inicialmente se solicite información de las zonas que no son de libre acceso, puesto que se sea posible verificar ciertos detalles que no fueron posibles de registrar en las salidas de campo, ya que algunas zonas son de propiedad privadas y los dueños han dejado órdenes de total restricción a personal ajeno a ellos.

Adicionalmente, es recomendable que se realicen estudios bio-estratigráficos, los cuales podrán aportar información importante que sirva para comprender mejor el ambiente sedimentario en el que se dio origen a la formación de los afloramientos.

Se recomienda emplear este trabajo como base para futuros trabajos relacionados con la búsqueda de la solución más óptima a ejecutar en la zona de estudio para lograr que los fuertes oleajes no sigan destruyendo las obras ingenieriles que están relacionadas con la estabilidad del malecón.

BIBLIOGRAFÍA

- Araya-Vergara & Börgel. (1972). *Definición de parámetros para establecer un banco nacional de riesgos y amenazas naturales criterios para su diseño*. Onemi/PNUD Uchile/92/009/A. Chile. 219 pp: Onemi/PNUD Uchile/92/009/A.
- Bonilla, M. (Agosto de 2020). *Los habitantes del balneario de Súa reclaman la construcción del malecón*. Recuperado el Marzo de 2021, de El Comercio: <https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/habitantes-sua-protesta-reconstruccion-malecon.html>
- Collot, J.-Y. F. (2009). Geología y Geofísica Marina y Terrestre del Ecuador. *Visión general de la morfología submarina del margen convergente de Ecuador - Sur de Colombia, publicación Geología Y Geofísica Marina y Terrestre del Ecuador, PSE-001-2009*.
- Comisión Internacional de Estratigrafía. (Marzo de 2020). *Tabla Cronoestratigráfica Internacional*. Recuperado el Marzo de 2021, de Comisión Internacional de Estratigrafía: www.stratigraphy.org
- Díaz, J. (Octubre de 2013). *CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA DE LA ZONA OESTE DE LA CONCESIÓN MINERA MOMPICHE, UBICADA EN LA PROVINCIA DE ESMERALDAS, CANTÓN MUISNE, RECINTO MOMPICHE*. Recuperado el Mayo de 2021, de Biblioteca Virtual EPN - Repositorio de tesis: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6919/1/CD-5186.pdf>
- Drusch, M. D. (2012). *Sentinel-2: ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services. Remote Sensing of Environment*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.rse.2011.11.026>
- Egüez, A. (2017). *MAPA GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR*. Quito, Ecuador.
- El Comercio. (22 de Enero de 2021). *El Comercio "El Mayor Diario Nacional"*. Obtenido de Pobladores de Súa protestan por la demora en la construcción del malecón:

<https://www.eluniverso.com/noticias/2021/01/22/nota/9597943/pobladores-sua-protestan-demora-construccion-malecon/>

El Telégrafo. (10 de Febrero de 2016). *El Telégrafo - Noticias*. Obtenido de Oleaje afecta a 3 malecones de Esmeraldas: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional-norte/2/oleaje-afecta-a-3-malecones-de-esmeraldas>

Evans, R. (1980). *Mapa Geológico de Esmeraldas y Punta Galera (Hojas 24 y 7)*. La Misión Británica y la Dirección General de Geología y Minas.

García, M. (2018). Glosario de Geografía. En M. P. Rodríguez, *Glosario de Geografía* (págs. 231, 255, 313). Madrid.

Hey, R. N. (1977). Tectonic evolution of the Cocos-Nazca spreading center. *Geol. Soc. Am. Bull.*

INEC. (2012). *Cartografía Ecuador Ecuador Cifras*. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Cartografia/2015/Clasificador_Geografico/2012/SHP.zip

Kendrick, E. B. (2003). The Nazca-South America Euler vector and its rate of change. En *Journal of South American Earth Sciences* (págs. 126-128).

Loveland, T. R. (2016). *Landsat 8: The plans, the reality, and the legacy. Remote Sensing of Environment*. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.07.033>

Moreano, A. (1976). Ecuador: Pasado y Presente. 26. Quito, Ecuador.

Núñez del Arco, E. (2003). *Geología del Ecuador*. Guayaquil, Ecuador.

Núñez Del Arco, E., & Dugas, F. (1987). *Guía Geológica del Noroeste Ecuatoriano*.

ODS. (Septiembre de 2015). *Objetivos de desarrollo sostenible - ODS*. Recuperado el Abril de 2021, de Organización de las Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Ordoñez, M., Jiménez, N., & Suárez, J. (2006). Cuenca esmeraldas. En D. M. Ordoñez, I. N. Jiménez, & I. J. Suárez, "*MICROPALAEONTOLOGÍA ECUATORIANA*"

DATOS BIOESTRATIGRÁFICOS Y PALEOECOLÓGICOS DE LAS CUENCAS: GRABEN DE JAMBELÍ, PROGRESO, MANABÍ, ESMERALDAS Y ORIENTE; DEL LEVANTAMIENTO DE LA PENÍNSULA DE SANTA ELENA, Y DE LAS CORDILLERAS CHONGÓN COLONCHE, COSTERA Y OCCID (págs. 163-186). Quito, Ecuador: PETROPRODUCCIÓN FILIAL DE PETROECUADOR; CENTRO DE INVESTIGACIÓN GEOLÓGICO DE GUAYAQUIL - CIGG.

Planet Andes. (2015). *Playa de Súa, Esmeraldas*. Recuperado el Mayo de 2021, de PlanetAndes Ecuador Región Costa: <https://www.planetandes.com/es/ecuador/costa/esmeraldas/playa-sua/>

Programa de Manejo de Recursos Costeros. (Mayo de 1993). *Plan de Manejo de la (ZEM) ATACAMES - SUA - MUISNE*. Guayaquil, Ecuador: Coastal Resources Center.

Reyes, P. M. (2012). Mapa Geologico de la Margen Costera Ecuatoriana (1:1 500 000) EP PetroEcuador-IRD (eds). Quito, Ecuador.

Rodríguez, E. M. (2006). *A Global Assessment of the SRTM Performance. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 72(3), 249–260*. Obtenido de <https://doi.org/10.14358/PERS.72.3.249>

Rosenqvist, A. S. (2007). *ALOS PALSAR: A Pathfinder Mission for Global-Scale Monitoring of the Environment. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 45(11), 3307–3316*. Obtenido de <https://doi.org/10.1109/TGRS.2007.901027>

Vizcaíno, C. L. (2016). *Geomorfología del Ecuador - Repositorio de la Universidad Estatal del Ecuador - UG*. Recuperado el 02 de 04 de 2021, de “CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LAFRANJA COSTERA DE PUNTA GORDA: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11671/1/tesis%20revisada%20y%20finalizadaF.pdf>

APÉNDICES

A. COLUMNAS ESTRATIGRÁFICAS

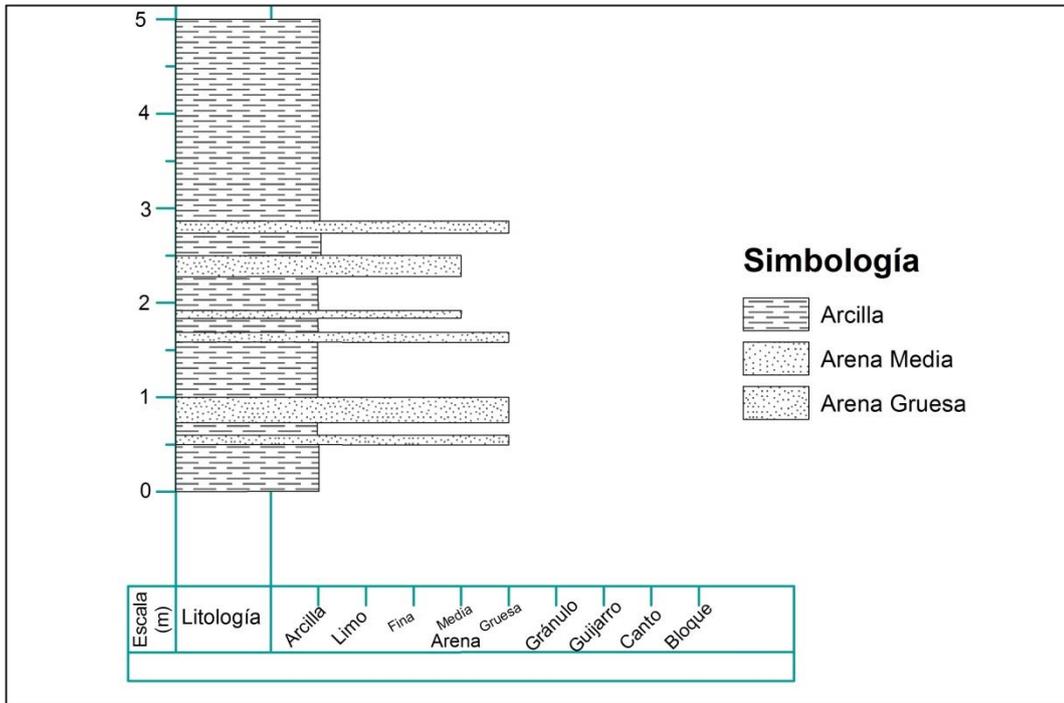


Figura A. 1 Columna Estratigráfica A1.

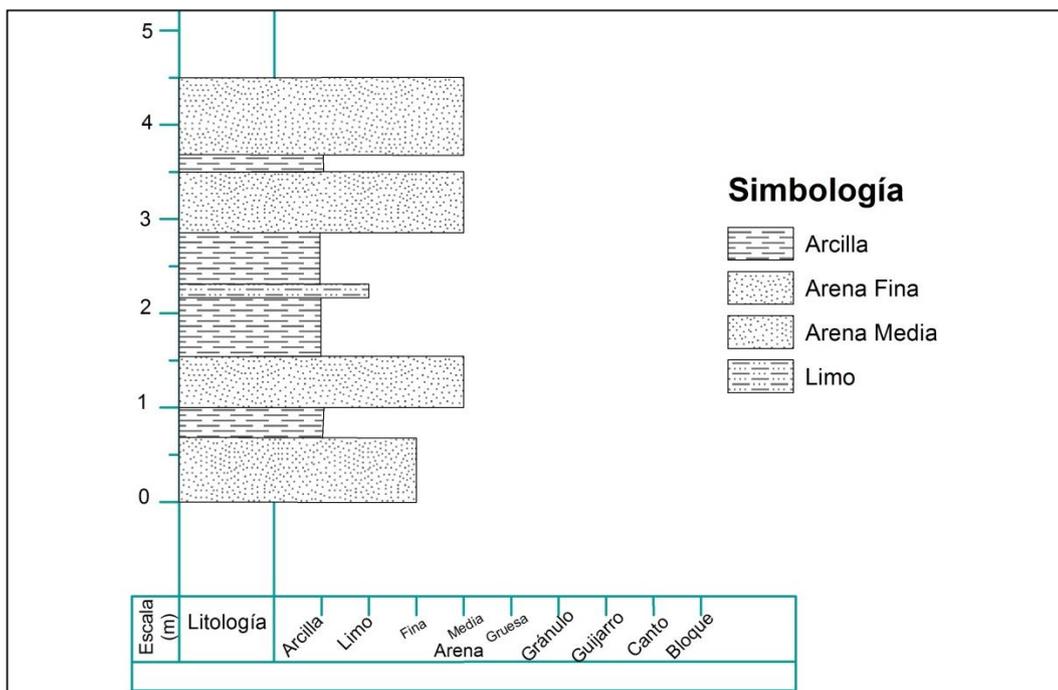


Figura A. 2 Columna Estratigráfica A2.

B. CARTOGRAFÍA

Se capturó evidencia en la zona de estudio del desplazamiento de material desde la parte superior del estrato, donde se ha ido desplomando el talud.



Figura B. 1 Desplazamiento rotacional de material correspondiente a la ladera

Gracias a los datos y evidencias fotográficas registradas en cada salida de campo ejecutada, se pudo evidenciar la presencia de la formación de una plataforma de abrasión que presenta poca pendiente, en donde inicialmente la erosión debido al oleaje fue socavando a la roca hasta el punto en que se comienza a fracturar y se desploma parte del estrato rocoso, donde finalmente algunos de los derrubios producidos por las olas rompientes quedan a lo largo del litoral como parte de la playa, mientras que el resto es transportado mar adentro. (García, 2018)



Figura B. 2 Plataforma de abrasión

También se identificó la geoforma de una flecha litoral en la zona de estudio, la cual surge por la alineación de sedimentos arenosos que evolucionan libremente y alargándose en el sentido de la deriva litoral, apoyándose sólo en una parte en una saliente rocosa, estas son frecuentes en la desembocadura estuarial de algunos ríos. (García, 2018)



Figura B. 3 Flecha Litoral en la zona de Súa

Empleando la técnica de TPI en donde se trabajó con la matriz de 7x7 para conjuntamente con el mapa pendientes se pudo clasificar los perfiles morfométricos basado en la clasificación planteada por Pedraza et al. (1996).

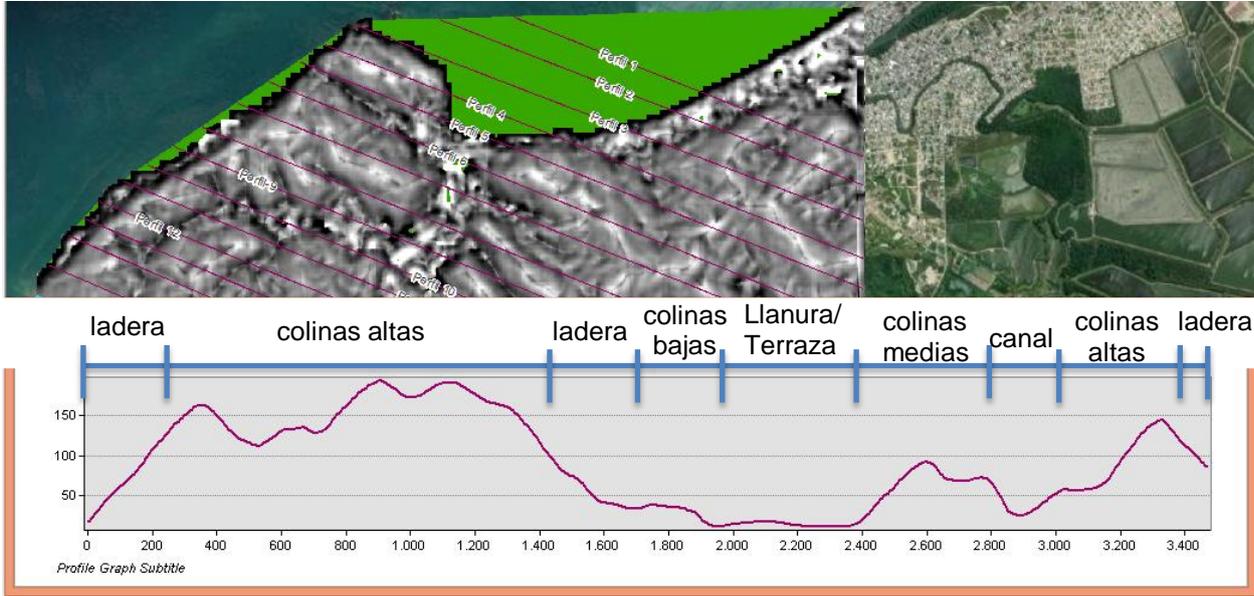


Figura B. 4 Perfil morfométrico a partir del TPI 7x7 y las pendientes del terreno

C. MAPAS TEMÁTICOS

A continuación se presentan los mapas temáticos específicamente en el orden en que fueron ejecutados, quedando con los siguientes nombres.

- El mapa de pendientes queda ilustrado bajo la identificación de:

Figura C. 1 MAPA DE PENDIENTES DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA-ESMERALDAS

- El mapa geomorfológico queda ilustrado bajo la identificación de:

Figura C. 2 MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA-ESMERALDAS

- El mapa geológico queda ilustrado bajo la identificación de:

Figura C. 3 MAPA GEOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA-ESMERALDAS

- El mapa estructural queda ilustrado bajo la identificación de:

Figura C. 4 MAPA ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA-ESMERALDAS

MAPA DE PENDIENTES DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA - ESMERALDAS

ECUADOR 1:25000

EDICIÓN 1

BREVE DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y DE PENDIENTES

Introducción: Este estudio abarca una parte de la zona costera del NO Ecuatoriano, por ello se ha realizado el mapa de pendientes que consiste en identificar la diferencia del gradiente entre dos formas de relieve, relacionando la distancia horizontal y altitud entre dos puntos. Para la digitalización, se analizaron imágenes satelitales, modelos de elevación digital, curvas de nivel e información disponible del área de interés, para la elaboración de mapas temáticos actualizados.

Geología: El Ecuador está ubicado al NO de Sudamérica, y se encuentra en un ambiente de subducción entre la placa de Nazca y la Sudamericana, por ello presenta características geodinámicas importantes como resultado de procesos tectónicos que han ido creando y modificando la corteza terrestre. La zona de interés se sitúa en la región Costa, considerada como la zona baja del país, específicamente desde la Península de Santa Elena hasta la ciudad de Esmeraldas estudios evidencian que ese tramo de margen costero está compuesto por rocas sedimentarias de origen marino-costero y por rocas basálticas, representando así edades del cretácico inferior y cuaternario. (Luxieux, 2006)

El mapa de pendientes está representado en base a la "Clasificación de Pendientes" en porcentajes, según Araya y Börgel (1972), el cual clasifica en:

Pendiente horizontal (0 - 4.5%), erosión nula a leve.

Pendiente suave (4.6 - 11%), erosión débil, difusa. Inicio de reguera. Soliflucción fría.

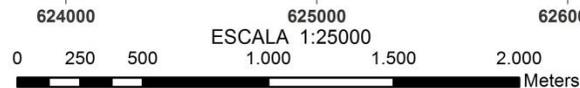
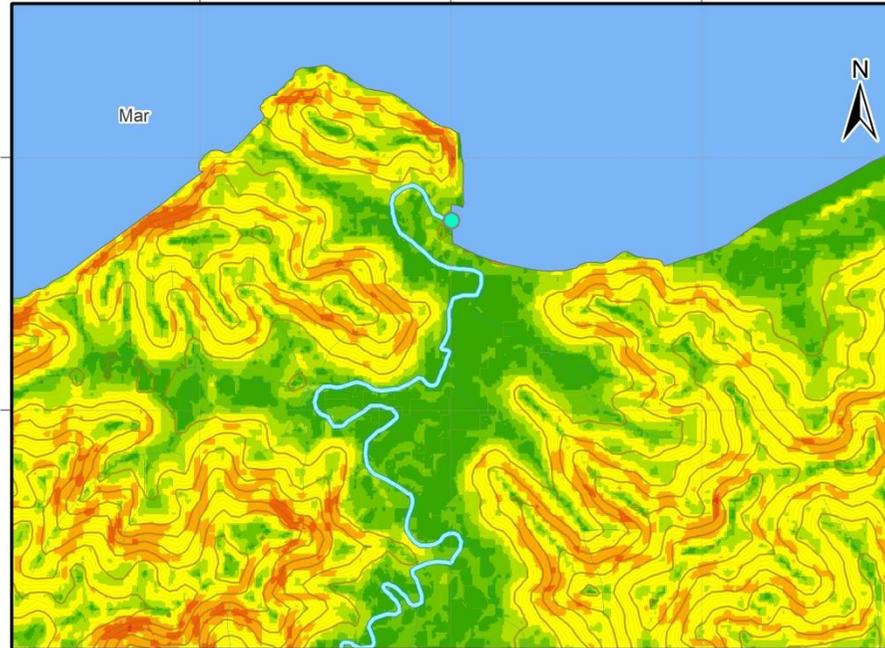
Pendiente moderada (11.1 - 22%), la erosión va de moderada a fuerte. Inicio erosión lineal. Desarrollo de regueras.

Pendiente fuerte (22.1 - 44.5%), erosión Intensa. Erosión Lineal frecuente. Cárcavas incipientes.

Pendiente muy fuerte a moderadamente escarpada (44.6 - 67%). Cárcavas frecuentes. Movimientos en masa. Reptación.

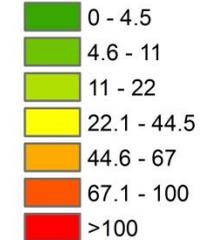
Pendiente escarpada (67.1 - 100%), presenta coluionamiento. Soliflucción intensa.

Pendiente muy escarpada a acantilada (>100%), presenta desprendimiento y derrumbes, además corredores de derrumbios frecuentes.



LEYENDA

Pendientes (%)



SIMBOLOGÍA CONVENCIONAL



Mapa basado en curvas de nivel de 1m equidistantes, obtenidas a partir del DEM generado por el radar SRTM con Proyección Universal Transversa de Mercator, Zona 17 Norte Elipsoide Westmorland Geological Society 1984. Tamaño del papel: A4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

MAPA DE PENDIENTES DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA - ESMERALDAS

Año: 2021

Elaborado por Andreina Quiñónez G.
Revisado por Ing. Eddy Sanclemente, Ph.D.

DIAGRAMA DE UBICACIÓN REGIONAL

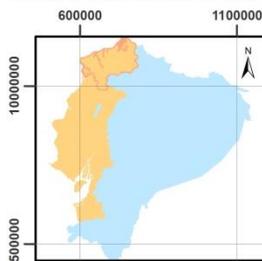


DIAGRAMA DE UBICACIÓN PROVINCIAL

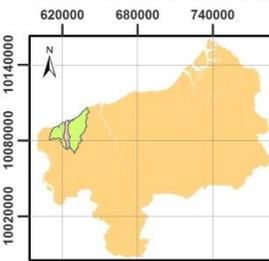
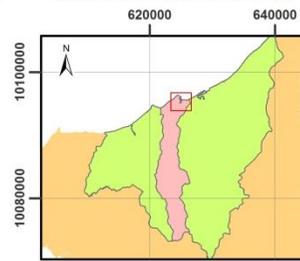


DIAGRAMA DE UBICACIÓN LOCAL



espol

FICT
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA - ESMERALDAS

BREVE DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA

Geología: El Ecuador está ubicado al NO de Sudamérica, y se encuentra en un ambiente de subducción entre la placa de Nazca y la Sudamericana, por ello presenta características geodinámicas importantes como resultado de procesos tectónicos que han ido creando y modificando la corteza terrestre. La zona de interés se sitúa en la región Costa, considerada como la zona baja del país, específicamente desde la Península de Santa Elena hasta la ciudad de Esmeraldas estudios evidencian que ese tramo de margen costero está compuesto por rocas sedimentarias de origen marino-costero y rocas basálticas, representando así edades del cretácico inferior y cuaternario. (Luxieux, 2006)

Colina: Elevación aislada del terreno con un desnivel <300 m, presenta pendientes >16% y diverge en todas las direcciones. (MAE, 2013)

Estuario: Desembocadura de un río formada por un solo brazo ancho y profundo en forma de embudo ensanchado. (MAE, 2013)

Flecha Litoral: Alineación de sedimentos arenosos paralelos a la costa. (García, 2018)

Llanura: Terreno muy extenso y plano, tiene pendientes <8%, presenta elevaciones <200 m y son de reciente origen. (MAE, 2013)

Plataforma de Abrasión: El oleaje al chocar con los fondos someros próximos a la costa realiza un raspado de los materiales llevados mar adentro. (MAE, 2013)

Playa: Franja costera debida a la acumulación de material fácilmente removillizable. (MAE, 2013)

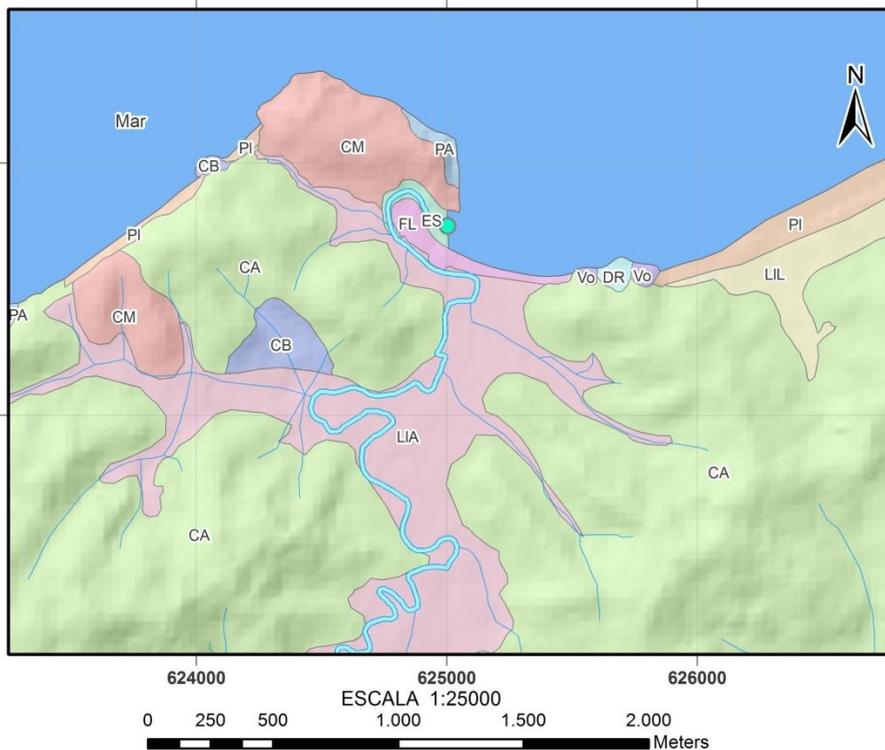
Movimientos en masa: Porcesos que movilizan materiales por la acción de la gravedad, pueden resultar ser peligrosos o catastróficos para el bienestar del hombre. (Bromhead,1986)

Volcamiento: Uno o varios bloques de suelo o roca se desprenden de una ladera. (Ayala, 1987)

Deslizamiento Rotacional: Movimiento rápido de material a lo largo de una ladera sobre un plano o superficie inclinada. (Cruden, 1996)

ECUADOR 1:25000

EDICIÓN 1



LEYENDA

Geoformas

- CA Colinas Altas
- CB Colinas Bajas
- CM Colinas Medianas
- DR Deslizamiento Rotacional
- ES Estuario del Río Súa
- FL Flecha Litoral
- LIA Llanura Aluvial
- LIL Llanura Litoral
- PA Plataforma de abrasión
- PI Playa
- Vo Volcamiento

SIMBOLOGÍA CONVENCIONAL

- Punto drenaje
- Río Súa
- Drenaje antiguo

Mapa basado en curvas de nivel de 1m equidistantes, obtenidas a partir del DEM generado por el radar SRTM con Proyección Universal Transversa de Mercator, Zona 17 Norte Elipsoide Westmorland Geological Society 1984. Tamaño del papel: A4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

MAPA GEOMORFOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA - ESMERALDAS

Año: 2021

Elaborado por Andreina Quiñónez G.
Revisado por Ing. Eddy Sanclemente, Ph.D.

espol

FICT
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

DIAGRAMA DE UBICACIÓN REGIONAL

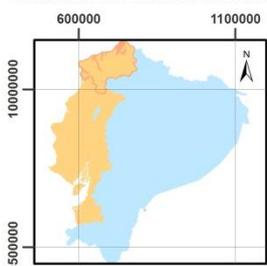


DIAGRAMA DE UBICACIÓN PROVINCIAL

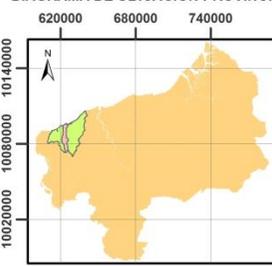
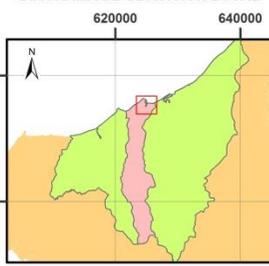


DIAGRAMA DE UBICACIÓN LOCAL



MAPA GEOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA - ESMERALDAS

ECUADOR 1:25000

EDICIÓN 1

BREVE DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA

Geología: El Ecuador está ubicado al NO de Sudamérica, y se encuentra en un ambiente de subducción entre la placa de Nazca y la Sudamericana, por ello presenta características geodinámicas importantes como resultado de procesos tectónicos que han ido creando y modificando la corteza terrestre. La zona de interés se sitúa en la región Costa, considerada como la zona baja del país; específicamente desde la Península de Santa Elena hasta la ciudad de Esmeraldas estudios evidencian que ese tramo de margen costero está compuesto por rocas sedimentarias de origen marino-costero y rocas basálticas, representando así edades del cretácico inferior y cuaternario. (Luxieux, 2006)

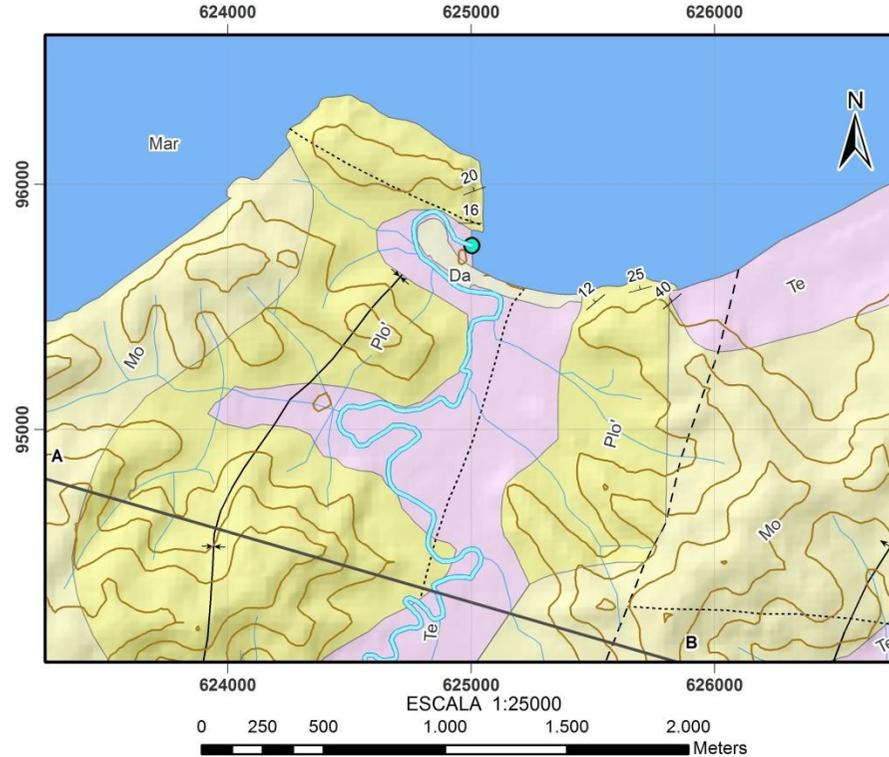
Depósito aluvial (Holoceno): Va de 20m hasta 5m y presenta arena gris, media a fina con lentes variables de grava.

Terraza (Holoceno): Consiste de 20 a 7m de gravas guijarrosas gruesas y arenas con estratificación cruzada gris a café rojizo. Su área aumenta grandemente durante la estación seca, cuando el nivel del río disminuye para exponer planicies anchas de grava.

Miembro Súa (Plioceno): Contiene arenisca color anaranjado a amarillo-gris, de grano medio a fino, macizo a bien estratificado, con fajas de arenisca grujarrosa, numerosas concreciones calcáreas redondas y estratificación cruzada. Son comunes los lentes de detrito de moluscos fósiles y las intercalaciones de lodolita. La base del miembro es discordante. (Whittaker, 1976) Espesor va 250m a 10m. Existen foraminíferos bentónicos, planctónicos y nanofósiles calcáreos. (Olssen, 1964)

Fm. Onzole Superior (Mioceno Superior): Consiste de lodolitas bien estratificadas con listones de arenisca fina. La roca fresca es verde oscura-gris y meteorizada a un color crema-rojizo pálido. Las capas más gruesas de areniscas contienen intercalaciones de grava arenosa y son en parte bioclásticas. Espesor va desde 1900m-300m. (Savoyat y otro, 1970)

Historia Geológica: La Fm. Piñón, posiblemente una secuencia del piso del océano, forma el basamento sobre el que se acumularon los sedimentos marinos del Terciario. La litología dominante dentro de la sucesión es lodolita y la presencia de fajas delgadas de areniscas (turbiditas distales) y foraminíferos planctónicos es indicativo de acumulación en agua profunda. (Goossens y Rose, 1973)



LEYENDA

Da	Depósito Aluvial	Grupo Daule	Mioceno Superior	Terciario
Te	Terraza			
Plo'	Miembro Súa			
Mo	Fm. Onzole Inferior			

SIMBOLOGÍA GEOLÓGICA

↕↕↕↕	Anticlinal
↘↘↘↘	Sinclinal
.....	Falla cubierta
- - - -	Falla inferida
└┘	Rumbo y buzamiento
—	Contacto
—	Perfil AB

SIMBOLOGÍA CONVENCIONAL

●	Punto drenaje
—	Drenaje antiguo
—	Río Súa
—	Curvas de nivel

Mapa basado en la hoja geológica de Esmeraldas - Punta Galera 1:100 000
Proyección Universal Transversa de Mercator, Zona 17 Norte Elipsoide Westmorland Geological Society 1984.
Tamaño del papel: A4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

MAPA GEOLÓGICO DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA - ESMERALDAS

Año: 2021

Elaborado por Andreina Quiñónez G.
Revisado por Ing. Eddy Sanclemente, Ph.D.

espol

FICT
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

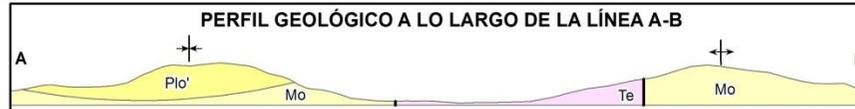


DIAGRAMA DE UBICACIÓN REGIONAL

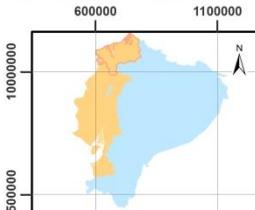


DIAGRAMA DE UBICACIÓN PROVINCIAL

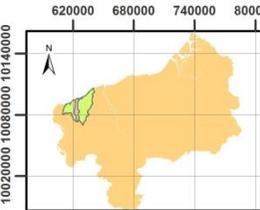
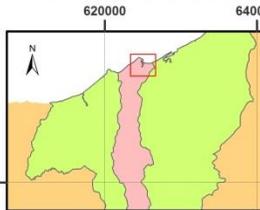


DIAGRAMA DE UBICACIÓN LOCAL



MAPA ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA - ESMERALDAS

ECUADOR 1:25000

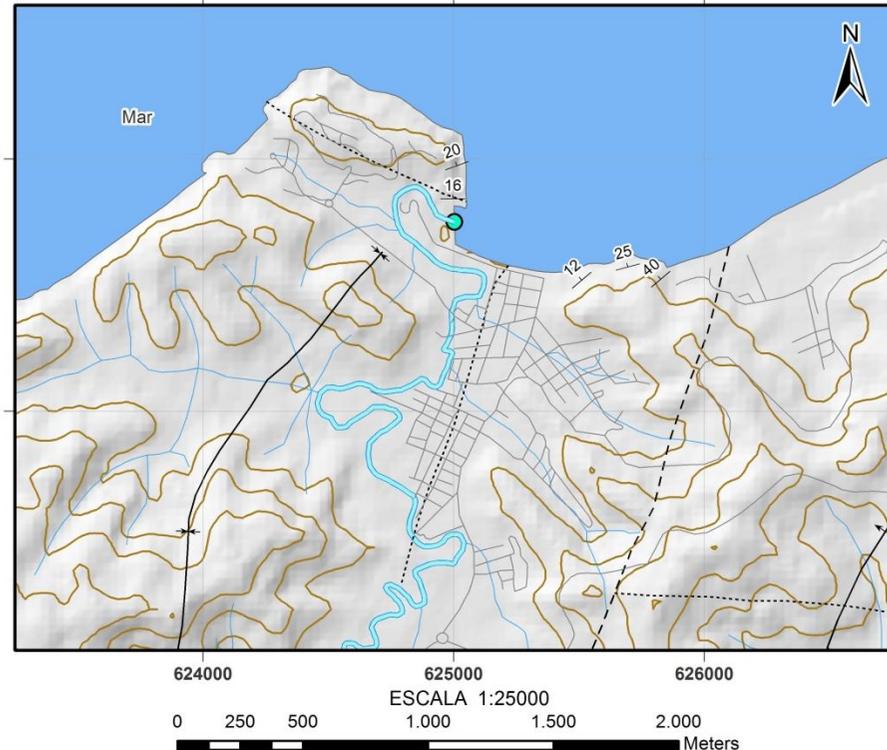
EDICIÓN 1

BREVE DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA Y ESTRUCTURAL

Geología: El Ecuador está ubicado al NO de Sudamérica, y se encuentra en un ambiente de subducción entre la placa de Nazca y la Sudamericana, por ello presenta características geodinámicas importantes como resultado de procesos tectónicos que han ido creando y modificando la corteza terrestre. La zona de interés se sitúa en la región Costa, considerada como la zona baja del país; específicamente desde la Península de Santa Elena hasta la ciudad de Esmeraldas estudios evidencian que ese tramo de margen costero está compuesto por rocas sedimentarias de origen marino-costero y rocas basálticas, representando así edades del cretácico inferior y cuaternario. (Luxieux, 2006) El relieve es ondulado, con colinas sobre los 200m. La mayor parte de la capa de forestación tropical ha sido despejada cerca de la costa, pero tierra adentro es muy espesa y extensa.

Historia Geológica: La Fm. Piñón, posiblemente una secuencia del piso del océano, forma el basamento sobre el que se acumularon los sedimentos marinos del Terciario. La litología dominante dentro de la sucesión es lodolita y la presencia de fajas delgadas de areniscas (turbiditas distales) y foraminíferos planctónicos es indicativo de acumulación en agua profunda. (Goossens y Rose, 1973)

Estructura: Las rocas terciarias están debilmente plegadas con dirección NE-SW y buzamientos generalmente < 25°; en las rocas más antiguas en el núcleo del anticlinal. (Savoyat, 1970). La actividad tectónica puede haber ocurrido durante el Terciario Inferior. Serie de fallas de dirección predominante N-S atraviesa las estructuras y la mayoría de los movimientos son verticales.



LEYENDA

SIMBOLOGÍA GEOLÓGICA

- ┆ Rumbo y buzamiento
- Vías
- ↕↕↕ Anticlinal
- ↔↔↔ Sinclinal
- Falla cubierta
- - - Falla inferida
- Río Súa

SIMBOLOGÍA CONVENCIONAL

- Punto drenaje
- Drenaje antiguo
- Curvas de nivel
- Área de interés

Mapa basado en la hoja geológica de Esmeraldas - Punta Galera 1:100 000
Proyección Universal Transversa de Mercator, Zona 17 Norte Elipsoide Westmorland Geological Society 1984.
Tamaño del papel: A4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

MAPA ESTRUCTURAL DE LOS AFLORAMIENTOS EN SÚA - ESMERALDAS

Año: 2021

Elaborado por Andreina Quiñónez G.
Revisado por Ing. Eddy Sanclemente, Ph.D.

espol

FICT
Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

DIAGRAMA DE UBICACIÓN REGIONAL

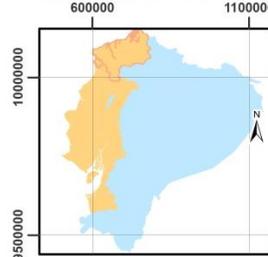


DIAGRAMA DE UBICACIÓN PROVINCIAL

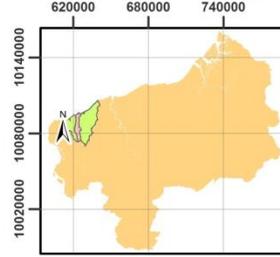


DIAGRAMA DE UBICACIÓN LOCAL

