



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REGRESIÓN EROSIVAS EN  
LAS ZONAS COSTERAS DE LA PARROQUIA CHANDUY,  
CANTÓN SANTA ELENA MEDIANTE TÉCNICAS DE SENSORES  
REMOTOS (REMOTE SENSING)**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentando para optar al grado académico de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR:**

**JACKSON RENE ACERO ZHAO**

Riobamba-Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REGRESIÓN EROSIVAS EN  
LAS ZONAS COSTERAS DE LA PARROQUIA CHANDUY,  
CANTÓN SANTA ELENA MEDIANTE TÉCNICAS DE SENSORES  
REMOTOS (REMOTE SENSING)**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: JACKSON RENE ACERO ZHAO**

**DIRECTORA: Dr. FABIÁN ERNESTO ARIAS ARIAS PhD.**

Riobamba – Ecuador

2022

**©2022, Jackson Rene Acero Zhao**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, JACKSON RENE ACERO ZHAO, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos del documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 02 de Diciembre del 2022



---

**Jackson Rene Acero Zhao**

**030279465-6**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LAS LÍNEAS DE REGRESIÓN EROSIVAS EN LAS ZONAS COSTERAS DE LA PARROQUIA CHANDUY, CANTÓN SANTA ELENA MEDIANTE TÉCNICAS DE SENSORES REMOTOS (REMOTE SENSING)**, realizado por el señor: **JACKSON RENE ACERO ZHAO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autorizada su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Bolivar Edmundo Flores Humanante MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-12-02
Dr. Fabián Ernesto Arias Arias PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</b>		2022-12-02
Dr. Fausto Manolo Yaulema Garcés MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-12-02

## **DEDICATORIA**

A mis abuelos María Magdalena y José Antonio, quienes con constante esfuerzo me han permitido cumplir esta meta, por creer siempre en mí, por su amor incondicional, su inmenso apoyo y sus innumerables consejos certeros que me han ayudado a mantenerme siempre firme. A mis padres, Benjamín y Rosa quienes me han apoyado de la misma manera en el transcurso de este gran camino.

*Jackson*

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento a mis padres, por el esfuerzo y apoyo entregado con el fin de impulsar a conseguir mis objetivos, a mi primo, Sayri, quien me ha ayudado a formarme como persona, a mi familia que de una u otra forma han llegado a estar conmigo y de manera especial, a mis abuelos, quienes demostraron ser mis segundos padres, quienes me motivaron día a día, a quienes con toda la gratitud del mundo les debo todo lo que soy hoy en día, absolutamente todo. A Dios, por cuidar de mí, por darme la sabiduría y paciencia para afrontar momentos difíciles y por brindarme salud y fortaleza para no decaer en el camino hacia esta meta. A la familia Barahona, por apoyarme y abrirme las puertas de su hogar como si fuese uno más de su familia. A los docentes de la Facultad de Ciencias que a lo largo de la carrera no solo me han formado como profesional sino también como persona. Al Doctor Fabián Arias, director del trabajo de integración curricular y al Ingeniero Dany Avalos quienes me aportaron con sus grandes conocimientos y me ayudaron a lo largo del desarrollo del trabajo de investigación, mil gracias.

*Jackson*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO.....	4
1.1. Antecedentes.....	4
1.2. Bases conceptuales.....	5
1.2.1. <i>Línea de costa</i> .....	5
1.2.2. <i>Erosión costera</i> .....	6
1.2.3. <i>Actividades antrópicas</i> .....	6
1.2.4. <i>Ambiente litoral</i> .....	6
1.2.5. <i>Linear Regression (LRR)</i> .....	6
1.2.6. <i>Net Shoreline Movement (NSM)</i> .....	6
1.3. Bases teóricas.....	6
1.3.1. <i>Los litorales</i> .....	6
1.3.1.1. <i>Concepto</i> .....	6
1.3.1.2. <i>Línea de costa</i> .....	7
1.3.1.3. <i>Criterios de definición de línea de costa y procesos de digitalización</i> .....	7
1.3.2. <i>Factores erosivos en zonas costeras</i> .....	8
1.3.2.1. <i>Factores naturales</i> .....	8
1.3.2.2. <i>Factores antropogénicos</i> .....	12
1.3.3. <i>Impactos</i> .....	14
1.3.4. <i>Vulnerabilidad y riesgo</i> .....	15
1.3.5. <i>Sensores remotos (Remote Sensing)</i> .....	15

### CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA.....	17
---------------------	----

2.1.	<b>Zona de estudio</b> .....	17
2.1.1.	<i>Ubicación</i> .....	17
2.1.2.	<i>Climatología</i> .....	18
2.1.3.	<i>Suelo y características geomorfológicas</i> .....	19
2.1.4.	<i>Cobertura vegetal</i> .....	20
2.1.5.	<i>Población de estudio y/o tamaño de la muestra y/o método de muestreo</i> .....	20
2.2.	<b>Métodos y técnicas</b> .....	21
2.2.1.	<i>Primera etapa: Recopilación de información del área de estudio</i> .....	22
2.2.2.	<i>Segunda etapa: Procesamiento de datos</i> .....	22
2.2.2.1.	<i>Diseño de líneas de base y líneas de costas</i> .....	23
2.2.2.2.	<i>Tasa de erosión y evolución de la línea costera</i> .....	25

## CAPÍTULO II

3.	<b>RESULTADOS</b> .....	28
3.1.	<b>Tasa de erosión del área de estudio</b> .....	28
3.1.1.	<i>Zona 1</i> .....	28
3.1.2.	<i>Zona 2</i> .....	30
3.1.3.	<i>Zona 3</i> .....	32
3.1.4.	<i>Zona 4</i> .....	34
3.2.	<b>Evolución de la línea de costa</b> .....	38
3.2.1.	<i>Zona 1</i> .....	38
3.2.2.	<i>Zona 2</i> .....	40
3.2.3.	<i>Zona 3</i> .....	42
3.2.4.	<i>Zona 4</i> .....	44
3.3.	<b>Zonas de peligro</b> .....	48
3.4.	<b>Factores erosivos</b> .....	50
3.4.1.	<i>Precipitación y corrientes de agua</i> .....	50
3.4.2.	<i>Marea y oleaje</i> .....	51
3.4.3.	<i>Factores antropogénicos</i> .....	53
3.4.3.1.	<i>Expansión urbana</i> .....	53
3.4.3.2.	<i>Deforestación</i> .....	54
3.4.3.3.	<i>Pesca e industrialización</i> .....	55

## **CAPÍTULO IV**

<b>4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>58</b>
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>61</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Descripción de variables climáticas de la parroquia Chanduy .....	18
<b>Tabla 1-3:</b>	Registros de los valores de precipitaciones de la provincia de Santa Elena.....	50
<b>Tabla 2-3:</b>	Promedios de las alturas de las mareas en pleamar y bajamar .....	52

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-1:</b>	Representación de las líneas de costa larga (a), corta (b) y de erosión (c) en la Bahía de Algeciras.....	8
<b>Figura 2-1:</b>	Corrientes marinas .....	8
<b>Figura 3-1:</b>	Movimiento de la ola .....	10
<b>Figura 4-1:</b>	Proceso de deflación .....	11
<b>Figura 5-1:</b>	Área con presencia de orificios producto de la abrasión.....	12
<b>Figura 6-1:</b>	Presencia de partículas más pequeñas producto de la atricción posterior a la abrasión .....	12
<b>Figura 7-1:</b>	Efectos de la erosión en el frente urbano costero. A) Vivienda colapsada producto del peso de la estructura y la debilitación por parte de los factores erosivos. B) Muro de prevención, construido sobre la pared de un talud el cual está bajo los efectos.....	13
<b>Figura 8-1:</b>	Presencia de criaderos de mariscos.....	14
<b>Figura 1-2:</b>	Mapa de ubicación de la zona de estudio.....	18
<b>Figura 2-2:</b>	Mapa geológico de la Parroquia Chanduy .....	19
<b>Figura 3-2:</b>	Mapa de cobertura vegetal de la Parroquia Chanduy.....	20
<b>Figura 4-2:</b>	Mapa de las zonas de estudio.....	21
<b>Figura 5-2:</b>	Elementos utilizados por DSAS para el cálculo de la tasa de erosión .....	24
<b>Figura 6-2:</b>	Ubicaciones disponibles para la colocación de la línea de base .....	24
<b>Figura 7-2:</b>	Tasa de regresión lineal, conjunto de datos de la línea de costa (línea de base color negro, transecto gris y líneas de costa e intersecciones multicolor) presentado en un mapa y como un gráfico de distancia desde la línea de base versus la fecha de la línea de costa en relación con la regresión de tasa de regresión lineal (LRR)25	
<b>Figura 8-2:</b>	Clasificación de los niveles de erosión .....	27
<b>Figura 1-3:</b>	Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 1.....	29
<b>Figura 2-3:</b>	Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 2.....	31
<b>Figura 3-3:</b>	Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 3.....	33
<b>Figura 4-3:</b>	Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 4.....	35
<b>Figura 5-3:</b>	Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 4 (Continuación)....	36
<b>Figura 6-3:</b>	Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 4 (Continuación)....	37
<b>Figura 7-3:</b>	Evolución de la línea de costa de la zona 1. Los transectos indican el movimiento neto realizado de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2021.....	39

<b>Figura 8-3:</b>	Evolución de la línea de costa de la zona 2. Los transectos indican el movimiento neto de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2021 .....	41
<b>Figura 9-3:</b>	Evolución de la línea de costa de la zona 3. Los transectos indican el movimiento neto de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2021 .....	43
<b>Figura 10-3:</b>	Evolución de la línea de costa de la zona 4. Los transectos indican el movimiento neto realizado de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2019.....	45
<b>Figura 11-3:</b>	Evolución de la línea de costa de la zona 4. Los transectos indican el movimiento neto realizado de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2019 (Continuación).....	46
<b>Figura 12-3:</b>	Evolución de la línea de costa de la zona 4. Los transectos indican el movimiento neto realizado de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2019 (Continuación).....	47
<b>Figura 13-3:</b>	Zonas de peligro.....	49
<b>Figura 14-3:</b>	Corrientes-Chanduy, velocidades máximas obtenidas.....	51
<b>Figura 15-3:</b>	Factor erosivo, la flecha amarilla indica material caído por acción de la gravedad producto del choque de las olas (Flecha amarilla) y la marea en su base (Flecha blanca) .....	52
<b>Figura 16-3:</b>	Factor erosivo, efectos del choque de las olas con la zona costera.....	53
<b>Figura 17-3:</b>	Chanduy, urbanización año 2009 y año 2021 respectivamente. Imagen tomada de Google Earth Pro .....	54
<b>Figura 18-3:</b>	Piscinas camaroneras ubicados en manglares.....	55
<b>Figura 19-3:</b>	Factores antropogénicos. Zona 4. Criadores de mariscos. Los círculos rojos muestran las desembocaduras hacia las costas. Imagen tomada de Google Earth Pro .....	56
<b>Figura 20-3:</b>	Criadero de crustáceos artesanal .....	57
<b>Figura 1-4:</b>	Destrucción del muro de protección por efectos fuertes efectos erosivos .....	59
<b>Figura 2-4:</b>	Urbanización de la zona 2 al borde costero. Imagen tomada de Google Earth Pro .....	60

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** COORDENADAS DE LAS ZONAS DE RIESGO

**ANEXO B:** IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS PARROQUIA  
CHANDUY

**ANEXO C:** TABLA DE RESULTADOS DE LA TASA DE REGRESIÓN LINEAL

**ANEXO D:** TABLA DE RESULTADOS DEL MOVIMIENTO NETO DE COSTA

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar las líneas de regresión erosivas en las zonas costeras de la parroquia Chanduy. Para lo cual se obtuvo las tasas erosivas, así como también la evolución de la línea de costa mediante técnicas de sensores remotos (remote sensing) y se determinó los factores erosivos que influyen en los mismos. La evaluación de las líneas de regresión erosivas se llevó a cabo mediante el análisis de las líneas de costa de diferentes épocas (2009, 2016 y 2021) con la implementación del Sistema Digital de Análisis de Costa (DSAS) en el Software ArcGis desktop v10.4. Se clasificó el área de estudio en 4 zonas con diferentes afecciones por procesos erosivos en donde las líneas de diferentes épocas fueron analizadas, dando como resultado las tasas de erosión y el avance de la línea de costa en determinadas zonas. Se determinó que, de los dos parámetros analizados de las diferentes zonas, la zona 4 es la más afectada con una media de 1,31 m/a de tasa de erosión y 12,75 m de avance de la línea de costa hacia el continente. Se concluye que los procesos erosivos que más afectan a las zonas costeras son la fuerza de las olas, mareas y de la gravedad, esto junto a diversos factores antropogénicos en su mayoría afecciones por la industria camaronera ubicados en la zona 4. Se recomienda la utilización de drones para obtener información más precisa y actual para obtener un estudio del terreno más detallado lo que permita la posibilidad de pronosticar eventos y posibles riesgos.

**Palabras clave:** <LÍNEAS DE REGRESIÓN EROSIVAS>, <TASAS DE EROSIÓN>, <FACTORES EROSIVOS>, <LÍNEAS DE COSTA>, <SENSORES REMOTOS>.

2440-DBRA-UPT-2022



## ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the erosive regression lines in the coastal areas of the Chanduy parish. For which the erosive rates were obtained, as well as the evolution of the coastline using remote sensing techniques (remote sensing) and determined the erosive factors that influence them. The evaluation of the erosive regression lines was carried out by analyzing the coastlines of different periods (2009, 2016 and 2021) with the implementation of the Digital Coastal Analysis System (DSAS) in the ArcGis desktop v10.4 Software. The study area was classified into four zones with different affections due to erosive processes where the lines of different times were analyzed, resulting in erosion rates and the advancement of the coastline in certain zones. It was determined that, of the two parameters analyzed from the different zones, zone 4 is the most affected, with an average erosion rate of 1.31 m/y and 12.75 m of advancement of the coastline towards the continent. It is concluded that the erosive processes that most affect coastal areas are the force of waves, tides and gravity, and various anthropogenic factors, affected mainly by the shrimp industry located in zone 4. The use of drones is recommended to obtain more accurate and current information to obtain a more detailed study of the terrain, which allows the possibility of forecasting events and possible risks.

**Keywords:** <EROSIVE REGRESSION LINES>, <EROSION RATES>, <EROSIVE FACTORS>, <COASTLINES>, <REMOTE SENSING>.

A handwritten signature in blue ink, enclosed within a large, hand-drawn oval. The signature appears to read 'Paul Obregón'.

Ing. Paul Obregón. Mgs

060192712-2

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, aproximadamente el 80% de las zonas costeras del mundo se enfrentan a una erosión costera que oscila entre centímetros y 10 m por año (Amrouni et al., 2019, p.73). La erosión acelerada generalizada ha transformado varias partes de la costa ecuatoriana y es una amenaza por su impacto en la industria, las redes viales, la agricultura y los asentamientos humanos. Es importante tratar de abordar estos peligros, por lo que, para comprender la dinámica futura de la costa, es necesario evaluar los cambios pasados y presentes, ya que puede predecir y cuantificar las tasas de erosión a largo plazo y, por lo tanto, comprender mejor los cambios futuros y utilizar esta información para limitar o prevenir ciertos peligros en las zonas costeras.

El mayor porcentaje de las zonas costeras de Ecuador son playas de arena, en estos ecosistemas, los procesos de sedimentación han cambiado rápidamente durante las últimas décadas, es decir, presentan diferentes tasas de retroceso de la línea de costa en función del desequilibrio del intercambio de sedimentos que fluctúa de acuerdo con la precipitación y la obstrucción de sedimentos causada por acciones antropogénicas (es decir, urbanización extensa cerca de las costas) (Avalos, 2020, p.12). El pequeño pueblo de Chanduy está situado en el Pacífico occidental central de Ecuador, al sur del río Zapotal, en una playa arenosa de topografía baja; el pueblo ha observado cambios considerables en el ecosistema debido a eventos de tormentas, expansión de áreas urbanas, desarrollo de industrias y sectores en lugares al otro lado, lo cual ha aumentado la vulnerabilidad del pueblo a la erosión ajustándose perfectamente a los criterios para estudiar los efectos del retroceso de la costa a largo plazo en Ecuador (Cisneros Granizo, 2013, p.250).

Montealegre (2007, p.81), menciona que uno de los causantes del avance de la línea costera es El Niño, que consiste en la interacción de las aguas superficiales del Océano Pacífico tropical con la atmósfera y que también contribuye a la erosión de las playas de arena a lo largo de la costa de Ecuador. Según Avalos (2020, p.14), El Niño influye en los arroyos litorales que controlan la distribución de sedimentos al fusionar las mareas semidiurnas con arroyos que dan como resultado una amplitud de marea de hasta 3 m, además de vientos que pueden alcanzar hasta 54,3 m/s; la marea cubre y descubre sedimentos en una gran parte del litoral debido al bajo ángulo de inclinación de las playas. Por otro lado, un factor importante que aumenta la erosión es la subducción tectónica de la placa de Nazca que se aprieta debajo de la Placa Sudamericana (Rodríguez Paneque, 2012, p.22). Ambas placas están situadas frente al Océano Pacífico de Ecuador, la subducción desencadena los terremotos más fuertes del país, por lo tanto, aumenta las probabilidades de ocurrencia de tsunamis, lo que es más importante, provoca el movimiento constante del fondo marino que afecta la orilla (Herrera, 2015, pp.407-416).

La destrucción de recursos naturales también ha influido mucho en la evolución de la línea de costa en muchas áreas de Ecuador, un claro ejemplo del mismo es la deforestación. Teran (2020, p.15), menciona que en Chanduy que el proceso de deforestación es alto; el manglar que en los litorales juegan un papel importante en el equilibrio del flujo de sedimentos y el control del flujo de las mareas ha desaparecido en un 21% en las últimas décadas (El Universo, 2020, p.3). Los manglares por medio de sus raíces anclan la carga suspendida que deriva de los arroyos litorales e interiores para depositar la carga en los bancos fluviales, deltas y estuarios; si esta barrera natural fuera eliminada y cesara su función de filtrado de sedimentos, las olas de marea alta podrían desplegar plenamente su mayor poder mecánico en los estuarios y litorales protegidos por esta vegetación (Avalos, 2020, p.15).

## **JUSTIFICACIÓN**

Los habitantes cercanos a las zonas costeras utilizan los recursos del mismo para su beneficio, siendo un ejemplo, en Ecuador, los manglares, que están asociados a la extracción de moluscos y crustáceos (Layana, 2013, p.7). En Chanduy ha desaparecido el 100% de los manglares de la desembocadura del río Zapotal todo para desarrollar la acuicultura camaronera. Además, la represa Azúcar, construida cerca del estuario para aliviar los períodos secos, ha reducido sustancialmente los sedimentos a casi cero y ha creado un gran balance negativo de sedimentos en el ambiente acuático (Cisneros Granizo, 2013, p.252).

En la parroquia Chanduy al ser la pesca y los criaderos de mariscos la fuente principal de ingresos económicos, las crecientes problemáticas de erosión en las comunas, reducen el trabajo de pesca, ya que la reducción de la planicie costera crea una zona de peligro para los pescaderos; por lo que el municipio y la prefectura de la península han puesto un gran interés en estudios que abarquen temas erosivos, riesgos costeros y prevención.

En Ecuador, existe gran vacío de investigación sobre el origen y la magnitud de la amenaza de los factores que afectan la evolución de las playas, esta investigación busca estudiar la evolución de la línea de costa y cuantificar las proyecciones a largo plazo permitiendo medir los impactos causados por el retroceso en el pasado, clasificarlo en zonas de peligro y minimizar los impactos a los asentamientos humanos futuros. Adicionalmente, esta metodología de investigación se podría aplicar en zonas costeras con procesos de retroceso similares al del área de estudio y expandir investigaciones similares en distintas zonas de Ecuador.

## **PROBLEMA**

¿Influye el aumento de los índices erosivos y el retroceso de la línea de costa a asentamientos humanos futuros?

### **Objetivo de Estudio**

Línea de costa.

### **Campo de estudio**

Tasas de erosión de la zona costera de la Parroquia Chanduy.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Evaluar las líneas de regresión erosivas en las zonas costeras de la parroquia Chanduy, cantón Santa Elena mediante técnicas de sensores remotos (remote sensing).

### **Objetivos Específicos**

- Establecer la tasa de erosión del perfil costero del Área de estudio.
- Identificar las zonas con mayores cambios de línea de costa y determinar las zonas de peligro en base a sus características y datos recopilados en las costas de la Parroquia Chanduy.
- Identificar los factores erosivos locales que influyen en el borde de costa del área estudio.

## **HIPÓTESIS**

Elevada influencia de factores naturales y acciones antropogénicas en el retroceso de la línea de costa en la Parroquia Chanduy.

### **Variable Independiente**

Factores naturales y acciones antropogénicas.

### **Variable Dependiente**

Línea de costa.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Antecedentes

La evolución de la línea de costa con el paso del tiempo ha ido incrementando debido a diferentes factores tanto naturales como antropológicos (Esteban et al., 2019, p.12), este fenómeno crea problemas para los asentamientos humanos cercanos y pequeños ecosistemas a futuro (Uceda et al., 2018, p.469), los cuales podrían ser mitigados si se dispone de información útil y actualizada sobre las diferentes áreas costeras. Adicionalmente, es necesario poner más énfasis en las áreas de alto riesgo de impacto, por lo que, en algunos países, cobra importancia la realización de dichos estudios y la influencia de factores como la precipitación, la deforestación y la urbanización en su evolución.

Los impactos de la erosión en las zonas costeras incluyen efectos directos como la generación de sedimento, deslizamientos, problemas socioeconómicos (Zertuche et al., 2015, p.76), así como también conflictos y daños a asentamientos humanos cercanos a las costas. La erosión costera es un fenómeno que se está observando en muchos países, y es probable que empeore a medida que aumente el nivel del mar. Benseny (2015, p.69), menciona que las obras del hombre sobre la arena, así como los impactos de los fenómenos meteorológicos con especial mención de las Sudestadas las cuales acentúan un fuerte proceso de erosión costera poniendo en peligro la sustentabilidad del recurso playa y acantilado.

Las superficies costeras son las zonas socioeconómicas más importantes de un país, estas, se ven afectadas por una variedad de factores geológicos naturales y antropogénicos que alteran las planicies, Sandoval Bermeo (2021, p.27) menciona que los cambios en las zonas costeras por factores de la línea de costa y la llanura son parte de los procesos dinámicos costeros, incluida la erosión. Uno de los ejemplos de los impactos de los factores naturales y antropológicos es la costa de Necochea en Buenos Aires Argentina (Tristan et al., 2006, p.2), cuya intervención del hombre en esas zonas como la construcción de muelles, fijación de médanos, desarrollo urbano, implantación arbórea, entre otros han llevado a la erosión excesiva con 30.6 metros en 37 años.

Las costas ecuatorianas están influenciadas por diferentes procesos geológicos, climáticos y antrópicos afirma Sandoval Bermeo (2021, p.33), es por esto que la costa ecuatoriana presenta una serie de partes con diferentes estructuras: playas, acantilados, marismas, planicies de inundación y más,

Cisneros Granizo (2013, p.251) propone estudiar la tasa de erosión y los impactos del mismo en la Parroquia Chanduy de la Provincia de Santa Elena ya que además de los factores naturales, los factores antrópicos como la acentuación humana o la explotación juegan un papel importante aquí, un ejemplo es la destrucción del bosque de manglar del estuario del río Zapotal para la práctica de acuicultura camaronesa. Castro (2020, p.44) menciona que una de las principales causas del crecimiento de la influencia de los factores antropológicos es la busca de fuentes de ingresos económicos de las zonas afectadas, Teran (2020, p.20) afirma que en las zonas costeras con bajas oportunidades de empleo, el sector productivo, específicamente en el sector primario (la agricultura, ganadería, silvicultura y pesca) toma fuerza en varias zonas del País, este tipo de prácticas no solo influyen en la evolución de la línea de costa sino que también afectan socioeconómicamente a los asentamientos cercanos.

Las investigaciones sobre el cambio climático y su impacto en el clima de la costa ecuatoriana sustentan incrementos en la temperatura media y cambios en las precipitaciones en la provincia de Santa Elena menciona García-Garizábal et al. (2017, p.32), los mismos que contribuyen en los procesos erosivos. Por otro lado, la posición de la costa a menudo se atribuye al nivel del mar y su cambio a lo largo del tiempo muestra la geometría de la costa, de acuerdo a un estudio del nivel del mar de la Universidad Nacional Argentina (Sandoval Bermeo, 2021, p.35), la costa ecuatoriana está siendo afectada por procesos que alteran las temporadas de vientos de 14 m/s de velocidad y de marea alta con alturas de 2,7 m y baja de 1 metro que poco a poco modifican la posición de la línea de costa, provocando cambios futuros y problemas costeros en Guayaquil y Santa Elena menciona (Cisneros Granizo, 2013, p.253).

Basándonos en las investigaciones ya realizadas y tanto con la información de las mismas e recopilación de información actual, el presente estudio permitirá, orientar mejores políticas y estrategias de mitigación de los impactos de la evolución de la línea de costa y posibles mejoras en el ámbito socioeconómico y ambiental.

## **1.2. Bases conceptuales**

### **1.2.1. Línea de costa**

La línea de costa es la línea en la superficie de la Tierra que define el límite entre el mar y la tierra firme (Rondón Ramírez, 2011, p.93).

### **1.2.2. Erosión costera**

Es la pérdida del territorio costero que se genera tanto por fenómenos naturales como vientos fuertes y acciones antropogénicas como la intervención del hombre (Herrera, 2015, p.407).

### **1.2.3. Actividades antrópicas**

Cualquier acción o intervención humana, estos son por ejemplo: la deforestación, la pesca, la agricultura, la mayoría de las emisiones atmosféricas (Benseny, 2015, p.70).

### **1.2.4. Ambiente litoral**

El ambiente litoral comprende aquellos espacios donde ocurre una compleja interacción entre los elementos y factores oceánicos y terrestres, condicionados por acciones atmosféricas, hidrogeomorfológicas y geológicas y modificado por las formas de ocupación humana (IDEAM, 2010, p.144).

### **1.2.5. Linear Regression (LRR)**

Este parámetro es utilizado para capturar tendencias de cambios de la línea de costa en periodos largos de tiempo (Martín Prieto et al., 2018, p.187).

### **1.2.6. Net Shoreline Movement (NSM)**

Muestra la distancia entre las líneas de costa más antigua y más reciente, sin tener en cuenta si coinciden o no con las líneas más distantes entre sí (Martín Prieto et al., 2018, p.189).

## **1.3. Bases teóricas**

### **1.3.1. Los litorales**

#### **1.3.1.1. Concepto**

El ambiente litoral comprende aquellos espacios donde ocurre una compleja interacción entre los elementos y factores oceánicos y terrestres, condicionados por acciones atmosféricas, hidrogeomorfológicas y geológicas y modificado por las formas de ocupación humana. En el litoral existe una gran variedad de geoformas y sistemas morfogénicos derivados de las estructuras

geológicas, de las condiciones bioclimáticas pasadas y actuales, de los cambios del nivel del mar, de la disponibilidad de sedimentos para la formación de playas, de la naturaleza de las corrientes marinas y de las formas de ocupación (IDEAM, 2010, p.149), entonces, la zona costera o litoral, es la zona de transición e interacción entre el ambiente terrestre y el ambiente marino en donde operan los procesos costeros o tienen una gran influencia, aquí se incluye tanto la zona de tierra emergida como la zona de aguas poco profundas en las que las olas realizan su actividad, así como las playas y acantilados costeros modelados por las olas, y las dunas costeras.

#### *1.3.1.2. Línea de costa*

La línea de costa es la línea de contacto entre el agua y la tierra, cuya posición varía en el tiempo geológico, con las transgresiones y regresiones marinas (periodos glaciares e interglaciares) (Marín, 2005, p.80). Las acciones litorales modifican los bordes continentales emergidos en cada momento.

Ojeda Zújar et al. (2013, p.29), menciona que la definición de líneas de costa por imágenes satelitales se rige por diferentes criterios simplificados y comunes, los cuales son: líneas de costa definidas geográficamente (A), líneas de costa para cálculo de tasas de erosión (B) o líneas de costa para fronteras costeras (C).

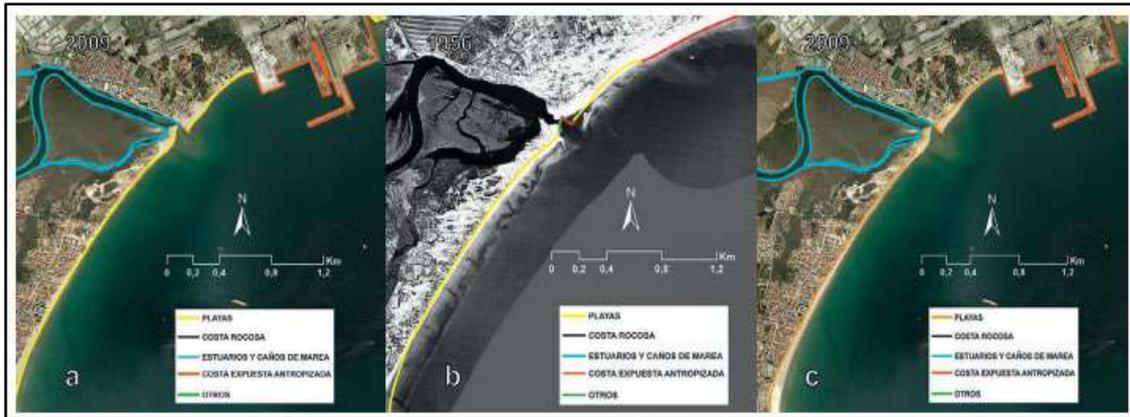
#### *1.3.1.3. Criterios de definición de línea de costa y procesos de digitalización*

La conjunción de los elementos como estuarios y red mareal, costas rocosas, infraestructura en contacto directo con el mar y playas, permiten la extracción de tres tipos de línea de costa al máximo nivel de detalle espacial (Ojeda Zújar et al., 2013. p.32):

- **Línea de costa larga o definida fisiográficamente:** En ella se incluye la digitalización detallada de elementos antrópicos del frente litoral (diques, espigones, puertos), así como estuarios y caños mareales cuya anchura en bajamar sea superior a 15 metros, la base de los acantilados y costas rocosas y el límite exterior de la playa seca al mayor nivel de detalle (Figura 1-1 a).
- **Línea para el cálculo de las tasas de erosión:** en este caso solo se ven modificados los tramos de playa, donde la línea de costa queda fijada por contacto entre la playa alta (backshore) y la duna litoral (foredune). Ante la ausencia de duna litoral, se toma como válido

el contacto superior de la playa alta con el primer elemento existente, ya sea natural (pie de acantilado) o antrópico (infraestructuras), (Figura 1-1 c).

- **Línea de costa corta o frente costero:** Intenta definir el frente costero expuesto. Para ello, en la línea de costa larga se sustituyen: (i) elementos antrópicos como puertos y grandes espigones que penetran en las aguas marinas por línea costera original; (ii) estuarios y caños de marea por una línea que cierra su desembocadura al llegar al frente costero (Figura 1-1 b).



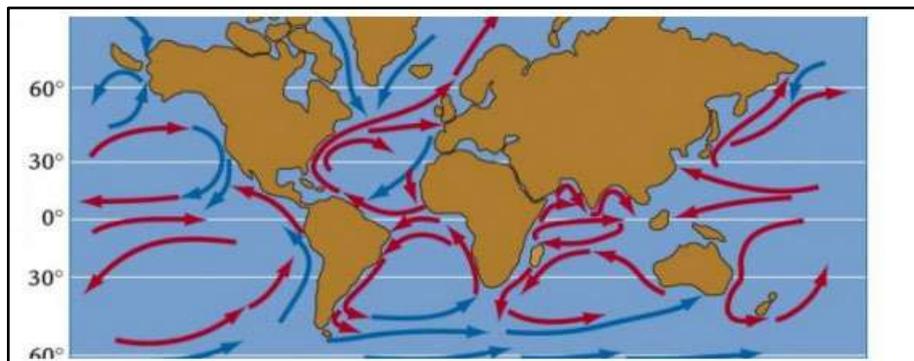
**Figura 1-1:** Representación de las líneas de costa larga (a), corta (b) y de erosión (c) en la Bahía de Algeciras

Fuente: Ojeda Zújar et al., 2013.

### 1.3.2. Factores erosivos en zonas costeras

#### 1.3.2.1. Factores naturales

##### ❖ Corrientes marinas



**Figura 2-1:** Corrientes marinas

Fuente: Marín, 2005.

- ✓ Superficiales, por efecto del viento sobre la superficie. Afectan a los primeros 300 ó 400m. Transportan material fino en suspensión. En zonas tropicales, con mayor velocidad, pueden llegar a modificar la morfología costera, formando cordones litorales o flechas. Si transportan arcilla, pueden dar lugar a corrientes de turbidez
- ✓ Profundas, generadas por mareas. El movimiento de las mareas es vertical, pero produce traslado lateral por convección, con células de distinta profundidad. No tienen capacidad erosiva, pero sí de transporte.
- ✓ Corrientes de turbidez, con abundante material arcilloso. En el talud continental.

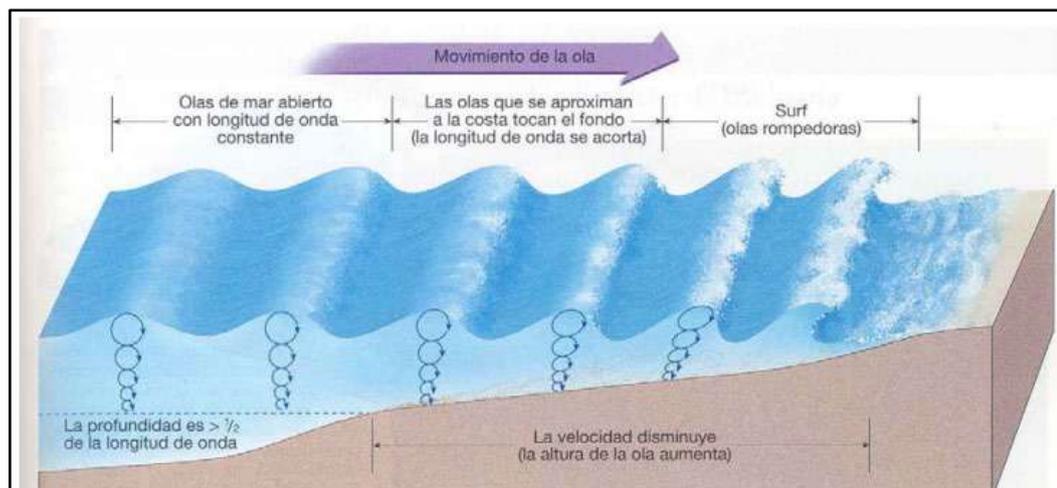
#### ❖ **Mareas**

El tipo de marea determina el tiempo de exposición en la zona intermareal, así como la actividad biológica y la velocidad de las corrientes. Producen corrientes periódicas asociadas a la elevación y descenso continuo del nivel del mar, debido al desplazamiento de grandes masas de agua entre las zonas de bajamar y pleamar. Pueden ser unidireccionales o giratorias, y pueden alcanzar grandes velocidades (20 km/h), teniendo unos efectos de transporte muy acusados.

#### ❖ **Oleaje**

Presenta unos efectos erosivos y de transporte y sedimentación muy intensos. Además, en las costas abiertas, cuando hay fuertes vientos, las olas se van desviando de forma paralela a la costa, formando las corrientes de deriva.

En la ola oscilatoria una partícula diminuta, tal como una gota de agua o un pequeño objeto flotante, describe un círculo vertical completo u órbita con el paso de cada ola. El diámetro de esta órbita en la superficie del mar es igual a la altura de la ola, y disminuye con la profundidad. En una ola ideal no hay avance del agua en la dirección del viento. A medida que las olas se aproximan a la zona de escasa profundidad, el movimiento orbital queda alterado por el rozamiento con el fondo. Esta profundidad crítica es aproximadamente la mitad de la longitud de onda. Al continuar acercándose a la orilla la longitud de onda disminuye y la altura aumenta, la ola se hace inestable, la cresta avanza hacia delante y la ola rompe, generando una masa de agua hacia la playa, con gran energía. Después se origina un flujo de retorno. En este movimiento de retroceso el agua lleva consigo grava y arena de la playa. Todo este proceso se puede visualizar en el Figura 3 – 1.



**Figura 3-1:** Movimiento de la ola

Fuente: Marín, 2005.

### ❖ Evolución de la costa en la Parroquia Chanduy

Los movimientos realizados por la línea de costa del año 2009 hasta el año 2018 se cuantificaron y los exportaron a tablas, las cuales nos muestran los siguientes valores para cada zona de estudio (Sandoval Bermeo, 2021, p.42):

- ✓ **Zona Norte:** El movimiento máximo realizado por la línea de costa con sentido hacia el continente es de 22.82 metros, mientras que el movimiento máximo realizado de la misma línea de costa con sentido hacia la plataforma marina es de 6.04 metros.
- ✓ **Zona Sur:** Para un análisis más detallado sobre el movimiento neto realizado, la zona se la dividió en dos tramos, tramo central, en donde el máximo movimiento realizado por la línea de costa con sentido hacia el continente es de 27.70 metros, mientras que el movimiento máximo realizado de la misma línea de costa con sentido hacia la plataforma marina es de 20.20 metros, por otro lado, en el tramo sur, el máximo movimiento realizado por la línea de costa con sentido hacia el continente es de 40.71 metros, mientras que el movimiento máximo realizado de la misma línea de costa con sentido hacia la plataforma marina es de 18.76 metros.

### ❖ Sistema Eólico

El viento generalmente no es un agente lo suficientemente fuerte para arrancar materiales de la superficie de rocas duras o suelos protegidos por una densa cobertera vegetal. Por el contrario, la acción del viento, erosionando y transportando sedimentos, se limita a aquellas superficies en las que los minerales pequeños y las partículas orgánicas están sueltas (Marín, 2005, p.83). Estas áreas

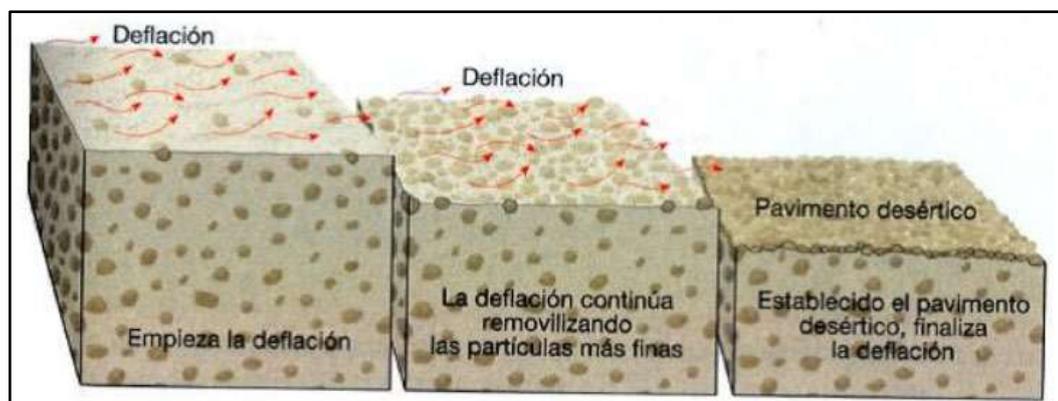
son fundamentalmente los desiertos y zonas semiáridas, además de las franjas costeras, donde las playas proporcionan grandes cantidades de arena.

La acción del viento sobre la superficie terrestre da lugar a un modelado característico, con formas que dependen de la velocidad del viento, del tipo de viento y de sus variaciones.

#### ❖ Erosión Eólica y Formas Erosivas

La erosión eólica es el desgaste de las rocas o la remoción del suelo debido a la acción del viento, esto se produce por tres mecanismos (Marín, 2005, p.84):

- ✓ **Deflación.** Es el arranque y vaciado del material desde la superficie del suelo. Se produce cuando las partículas sueltas que se encuentran sobre la superficie del suelo son barridas, arrastradas o levantadas por el aire en superficies en donde el terreno está completamente seco y recubierto de pequeños granos de arena sueltos. La velocidad determina la capacidad del viento para erosionar y arrastrar partículas, pero también influye el carácter de los materiales, la topografía del terreno, la eficacia protectora de la vegetación, etc.



**Figura 4-1:** Proceso de deflación

Fuente: Marín, 2005.

- ✓ **Abrasión o corrosión eólica.** Es cuando el viento arrastra arena y polvo hacia las rocas y el suelo provocando orificio y alveolos. A mayor velocidad y composición del viento, mayor será el área y grado de afectación del área impactada o afectada.



**Figura 5-1:** Área con presencia de orificios producto de la abrasión

Fuente: Marín, 2005.

- ✓ **Atricción.** Es cuando las partículas de arena transportadas por el viento chocan entre sí desgastándose y formando partículas redondas y de menos tamaño. Gracias a este tipo de mecanismo de erosión las partículas resultantes de la erosión eólica son homogéneas en tamaño y forma comparadas con otras arenas como las arenas fluviales o marinas.



**Figura 6-1:** Presencia de partículas más pequeñas producto de la atricción posterior a la abrasión

Fuente: Marín, 2005.

#### 1.3.2.2. Factores antropogénicos

Además de los factores naturales que contribuyen a la erosión, están también los factores antropogénicos, Rodríguez Paneque, (2012, p.31) lo describe como toda consecuencia resultado de intervenciones del hombre y son los mismos los cuales tienen mayor incidencia en los procesos de sedimentación y erosión. Por otro lado Benseny, (2015, p.73) menciona que la intervención humana supone también modificaciones del medio y una ruptura del paisaje, con acciones que en

ocasiones pueden tener un efecto positivo aunque la tendencia actual es un efecto negativo y devastador para el medio natural.

En el cantón Santa Elena las actividades productivas que sustentan la economía están ligadas principalmente a la pesca, el turismo y actividades secundarias de producción de manufactura y de construcción (Cisneros Granizo, 2013, p.255) por el cual es importante considerar los siguientes puntos.

#### ❖ Urbanización

Existen muchas formas en las que la intervención del hombre causa una alteración a las costas, uno de los ejemplos claros es la alteración de las mismas con fines urbanísticos en donde, Cisneros Granizo, (2013, p.29) menciona que la población de Chanduy está asentada sobre planicies de acantilados bajos que los obligan a moverse a zonas más alejadas en donde no se vean afectados por la acción de la marea y de las olas, todo esto junto al crecimiento poblacional provoca que incrementen la ocupación de las zonas costeras y con ello aumenten los procesos de erosión.



**Figura 7-1:** Efectos de la erosión en el frente urbano costero. A) Vivienda colapsada producto del peso de la estructura y la debilitación por parte de los factores erosivos. B) Muro de prevención, construido sobre la pared de un talud el cual está bajo los efectos.

Realizado por: Sandoval Bermeo, 2021.

## ❖ Turismo

Rodríguez Paneque, (2012, p.37) destaca la eliminación de la vegetación original de la playa y la construcción de instalaciones y viviendas sobre la zona activa de la playa, utilizando estilos constructivos, todo esto con fines turísticos o actividades de óseo, que nada favorecen el funcionamiento morfodinámico de las playas.

## ❖ Industrias

Las actividades de tipo primario como la Agricultura, Ganadería, Caza, Pesca y Silvicultura, es realizada por uno de cada cuatro trabajadores en el Cantón Santa Elena (el 25,4%), que es una jurisdicción eminentemente rural y con población costera (Cisneros Granizo, 2013, p.256), entonces, ya que la mayoría de la población del cantón Santa Elena está ligada a la explotación costera, la que mayor incidencia tiene es la pesca, ya sea de forma artesanal o industrial, este último tiene su centro de operaciones en Puerto Pesquero de Chanduy.



**Figura 8-1:** Presencia de criaderos de mariscos

**Fuente:** Google Earth Pro, 2022.

**Realizado por:** Acero, J, 2022.

### 1.3.3. Impactos

Uceda et al., (2018, p.474) menciona que, un aumento térmico de algunos grados y una disminución de las precipitaciones podría producir un impacto positivo en las costas norte y noroeste por el

mayor confort climático y reclamo turístico, pero en la costa levantina tendría el efecto contrario agravado por la torrencialización de los cursos fluviales y el desequilibrio subsiguiente de la dinámica costera. Las variaciones en el régimen de precipitaciones pueden influir en el aporte fluvial de sedimentos y de distintas sustancias hacia la zona costera. Así las avenidas fluviales suponen incremento de aportes sedimentarios y de otras sustancias a la costa. En lo que se refiere a los sedimentos los datos disponibles sugieren que las variaciones debidas a las actividades humanas son mucho mayores que las causadas por cambios climáticos.

A la fecha, las consecuencias registradas por procesos erosivos son destrucción parcial y total de playas, casas, comercios, hoteles e infraestructura en general, lo que consecuentemente ha implicado una gran pérdida de belleza escénica; así como un intenso impacto ambiental, un fuerte impacto económico (daños y pérdida total de infraestructura, pérdidas de playas y construcción de obras de “protección”); además de contribuir en preocupantes impactos sociales (migración de pescadores al norte del país, pauperización de la calidad de vida (Castro, 2020, p.39).

#### ***1.3.4. Vulnerabilidad y riesgo***

Se entiende por zonas vulnerables aquellas que pueden experimentar algún daño como consecuencia directa o indirecta del cambio climático por estar sujetas a algún riesgo entendiendo por riesgo las pérdidas totales esperables. En el contexto de este análisis interesa estimar el riesgo en las zonas vulnerables que depende evidentemente de los procesos que actúen en cada zona y de su intensidad (Uceda et al., 2018, p.479).

Las pérdidas (riesgo en el contexto de este análisis) se estiman en función de la exposición (existencia de elementos dañables en zonas potencialmente afectadas por procesos que representen peligro), la vulnerabilidad (sensibilidad a dichos procesos de los elementos existentes o fracción de su valor total que se vería dañada) y la amenaza (probabilidad de ocurrencia de los procesos peligrosos en un lapso de tiempo dado o periodo de recurrencia de los mismos en la unidad del territorio que se considere).

#### ***1.3.5. Sensores remotos (Remote Sensing)***

Los sensores remotos son sistemas o instrumentos utilizados para recolectar información rápida y viable de un objeto, área o fenómeno a distancia (Nieto et al., 2002, p.92). Dicha información puede ser procesada e interpretada mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) para tener una mejor comprensión. Sin embargo, es difícil mapear algunas figuras lineales y puntuales,

particularmente de manera digital, debido a que éstas no siempre son distinguibles por la resolución espacial de los datos, ni son representadas en su verdadera localidad, debido a las distorsiones panorámicas inherentes a la manera del sensor de coleccionar los datos (desde el espacio y en movimiento). Una alternativa para la colección de datos puntuales y lineales es el GPS, cuyos datos son coleccionados de manera estática y proporcionan información posicional de los cambios de uso del suelo más recientes, no incluidos en los mapas.

Las imágenes utilizadas para la extracción de las líneas de costa corresponden a imágenes de satélites de sensores remotos Landsat 7 ETM+C1 Level-1y Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1 (Davila Martínez, 2020, p.3).

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

La metodología se divide en tres fases, las mismas que cuentan con fase de campo, que incluye la verificación de la información obtenida durante la fase de oficina y por último el procesamiento de los datos obtenidos en las oficinas de campo y el análisis e interpretación de los resultados.

#### MATERIALES Y PROGRAMAS

- ✓ Laptop
- ✓ Mapa geológico
- ✓ Software: Google Earth Pro, ArcGIS desktop v10.4
- ✓ Imágenes satelitales

#### EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

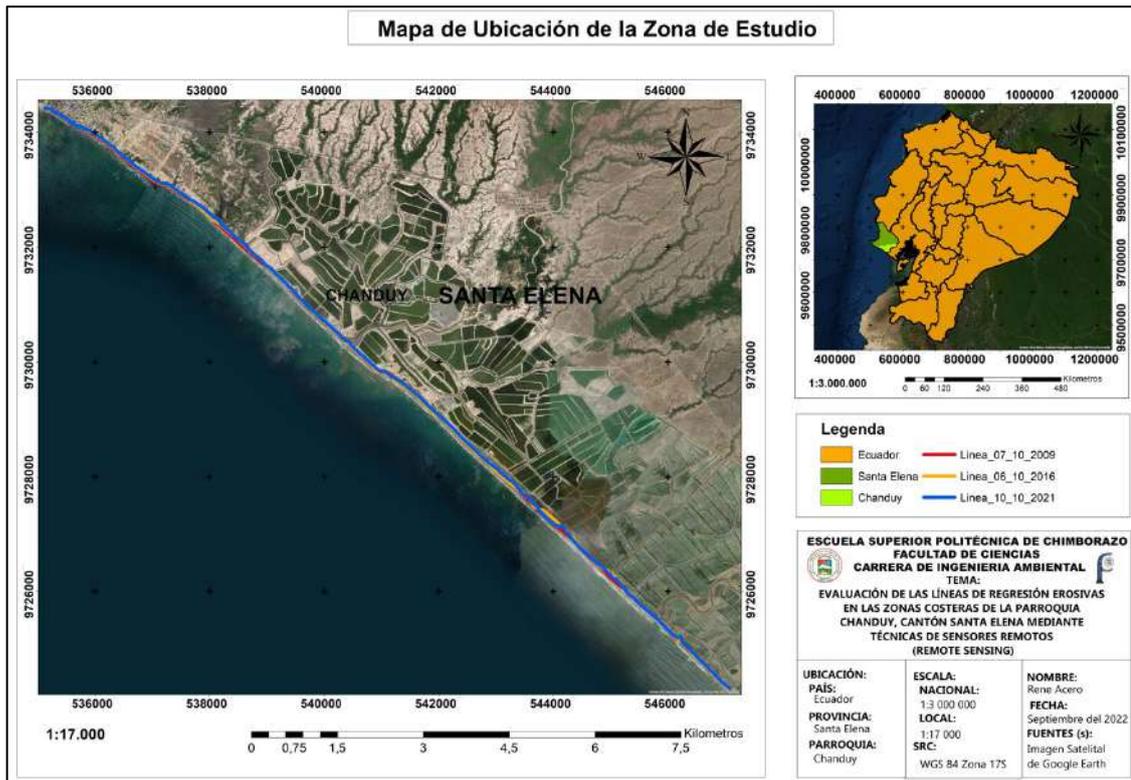
- ✓ GPS
- ✓ Cámara

### 2.1. Zona de estudio

#### 2.1.1. Ubicación

El presente estudio en general se llevará a cabo en la Parroquia Chanduy perteneciente a la Provincia de Santa Elena cuyos límites geográficos son, al Norte la Provincia de Santa Elena (Cantón Santa Elena), al Sur el Océano Pacífico y la Provincia del Guayas (Cantón General Villamil Playas y Guayaquil), al Este la Provincia del Guayas (Cantón General Villamil Playas y Guayaquil) y al Oeste el Océano Pacífico (Teran, 2020, p.38) con coordenadas 2°24'09" S 80°40'50" O.

La zona principal de estudio se encuentra exclusivamente en la planicie costera de Chanduy, la cual se extiende aproximadamente 14 km. El lugar de estudio inicia desde el oeste con coordenadas: X: 535025; Y: 9734496; y finaliza hacia el Este con coordenadas: X: 547070; Y: 9724339.



**Figura 1-2:** Mapa de ubicación de la zona de estudio

Realizado por: Acero, J, 2022.

### 2.1.2. Climatología

**Tabla 1-2:** Descripción de variables climáticas de la parroquia Chanduy

VARIABLE	DESCRIPCION
<b>Precipitación</b>	Se puede identificar la precipitación media anual en la parroquia Chanduy que va desde de 300 mm a 600mm e indicando en qué zonas se dan normalmente estas precipitaciones.
<b>Temperatura</b>	Se puede observar que la temperatura media mensual varía desde 21 ° C hasta 26,63 ° C, dando un promedio Anual de temperatura de 23,73 ° C. En agosto se determina la presencia de valores máximos de temperatura y los valores mínimos se presentan en los meses de febrero y abril.
<b>Humedad</b>	Los meses con la humedad relativa más alta son febrero y Marzo (83%). El mes con la humedad relativa más baja es Noviembre (67%).
<b>Vientos</b>	La velocidad de los vientos es de alrededor de 11 Km/H.
<b>Déficit Hídrico</b>	Con la correspondiente interpolación de datos con respecto a la Parroquia Chanduy se utilizaron intervalos de clase de 10 mm, dando como resultado valores de Déficit Hídrico desde 775 mm hasta 950mm.

Fuente: Teran, 2020.

Realizado por: Acero, J, 2022.

### 2.1.3. Suelo y características geomorfológicas

El relieve es el conjunto de agentes geológicos externos que dan forma a la superficie de la tierra, en la parroquia Chanduy existen 4 tipos de relieves que son:

- Cordillera Costera Chanduy – Playas.
- Medio Aluvial.
- Relieves Estructurales y colinados terciarios.
- Relieves Litorales Sedimentarios y Fluvio-Marinos.

Chanduy geológicamente forma parte de la formación cuarentenaria del ‘Tablazo’, una formación somera de 10 a 30 m que se origina sobre terrazas marinas y está compuesta principalmente por arcénicos, conglomerados y bancos calcáreos biodetríticos. Estas formaciones presentan fracturas subhorizontales y se comportan como rocas blandas con porosidad, permeabilidad que son erosionables. Adicionalmente, existen depósitos aluviales del río Zapotal con conglomerados de arena, arcilla y caliza (Avalos, 2020, p.27). Estas formaciones y materiales determinan la morfología de Chanduy.

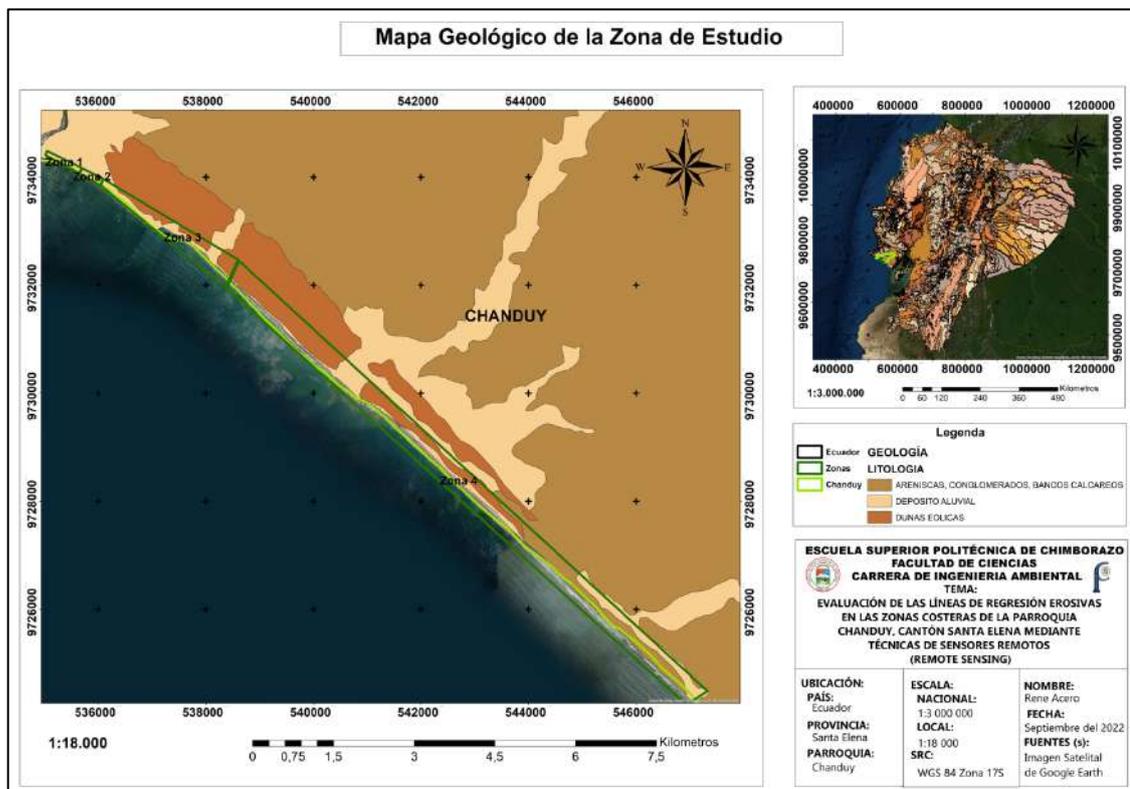
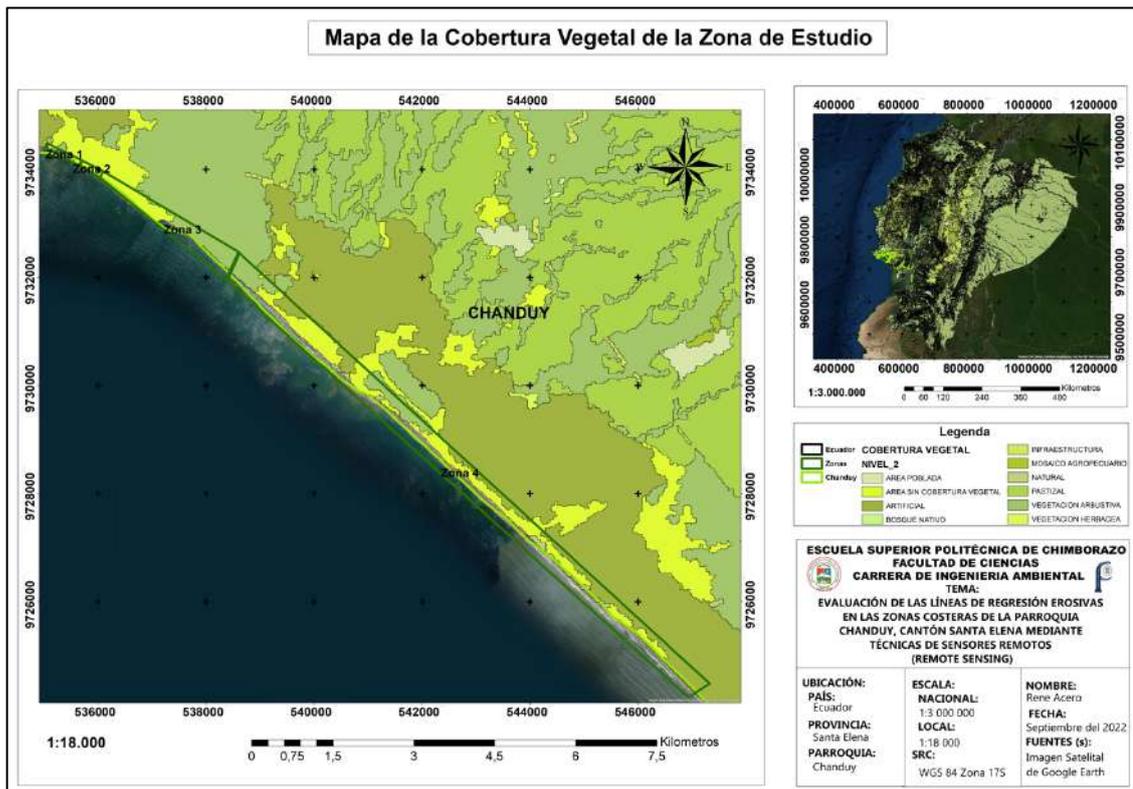


Figura 2-2: Mapa geológico de la Parroquia Chanduy

Realizado por: Acero, J. 2022.

### 2.1.4. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal que posee la parroquia Chanduy se caracteriza por tener en gran porcentaje Bosques Secos de tipo nativo acompañado de vegetación arbustiva y herbácea (Ver figura 3-2). También consta con una gran área para uso agropecuario y con cuerpos de agua artificiales que pueden ser utilizados principalmente en la actividad camaronera.



**Figura 3-2:** Mapa de cobertura vegetal de la Parroquia Chanduy

Realizado por: Acero, J, 2022.

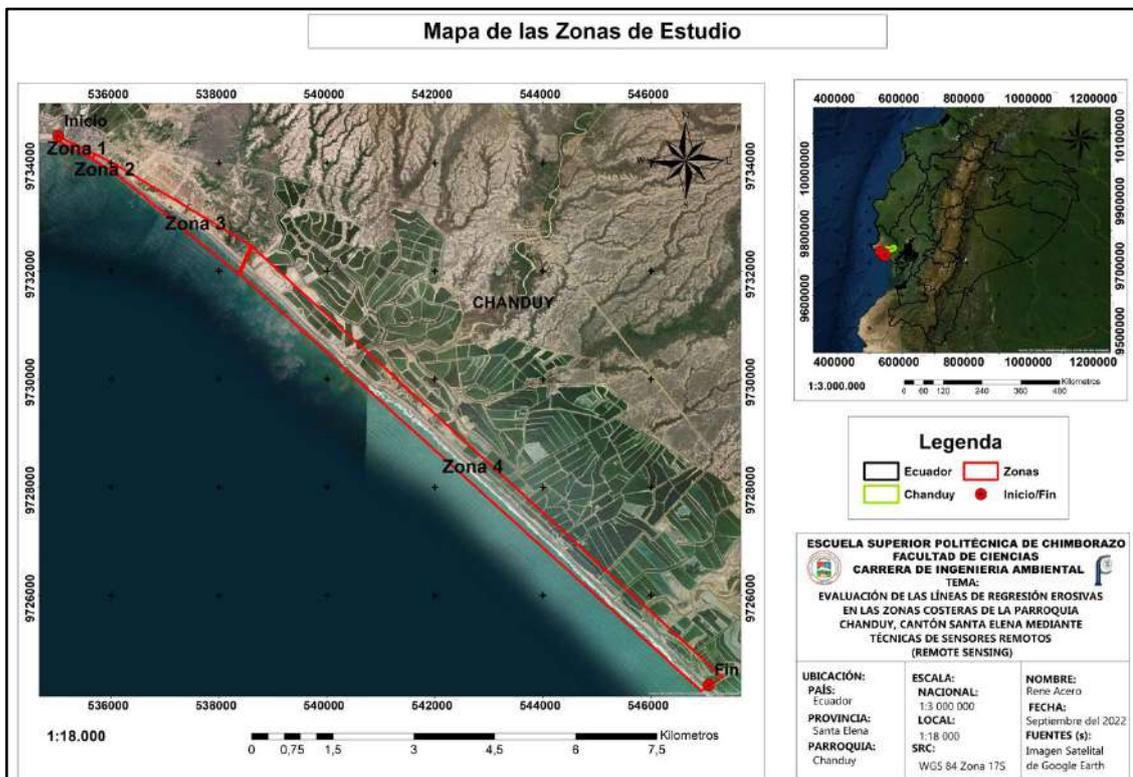
### 2.1.5. Población de estudio y/o tamaño de la muestra y/o método de muestreo

La población de estudio corresponde a los habitantes de la parroquia Chanduy, posee una población de 16.363 habitantes según Censo de Población y Vivienda del INEC 2010 (Teran, 2020, p.39) los mismo que se dedican a la pesca, entre las especies más capturadas están el camarón, la corvina, langostas, róbalo, bagre, lisa, pinchagua, macarela, el tollo, pargo, roncador y las ostras. Por otro lado, también existe la práctica de la agricultura y ganadería, a pesar de las dificultades debido al clima seco, baja precipitación, y escasez de agua para riego, Chanduy cuenta con gran diversidad de cultivos, algunos como el maíz en magnitudes significativas al igual que de especies pecuarias, sin embargo, así como en la pesca existen prácticas tradicionales de cultivo y de crianza

animal que caen en la insostenibilidad, carecen de tecnificación y poseen pocos espacios de comercialización directa de sus productos con el consumidor.

## 2.2. Métodos y técnicas

La cuantificación del retroceso de la línea de costa se realizó mediante el cálculo de las líneas de retroceso. El área de estudio presenta cuatro zonas con diferentes características fisiomorfológicas que determinarían la tasa de retroceso de la línea de costa de cada zona, por lo que cada zona se analizará por separado para garantizar la precisión de la recopilación de datos para los cálculos. Se han establecido transectos en cada zona para determinar los transectos más afectados por el retroceso de la línea de costa dentro de cada zona.



**Figura 4-2:** Mapa de las zonas de estudio

Realizado por: Acero, J, 2022.

- La Zona 1 es un área urbanizada y contiene un muro de protección construido en el 2016 que cubre la mayor parte de la zona para evitar una mayor erosión y tiene aproximadamente 700 m de largo.
- La Zona 2 es también una zona urbanizada sin la protección de la muralla y tiene una longitud de alrededor de 400 m.

- La Zona 3 es un área abierta, preparada para el desarrollo urbano de alrededor de 3 km de largo. Los puntos de referencia se colocaron paralelos a la última casa en la zona 2 que se construyó moderadamente alejada del acantilado a pesar de que la propiedad llega hasta el acantilado; esto podría implicar que las personas son conscientes del peligro de retroceso de la costa.
- Zona 4 es un área con una alta explotación de la industria camaronera en un tramo de alrededor de 11 km. Se clasificó esta zona para ver los grandes efectos que tiene la industria en el retroceso de la línea de costa. Cabe recalcar que, en esta zona, el análisis se lo realizó de manera separada y con imágenes satelitales del 2009 hasta el 2019 ya que solo dispone de información hasta ese periodo de tiempo.

### ***2.2.1. Primera etapa: Recopilación de información del área de estudio***

La recolección de datos se realizó a través de la plataforma Google Earth Engine (GEE) que archiva imágenes satelitales actualizadas continuamente. Las imágenes satelitales de GEE de los 13 años anteriores permitirían recuperar las tasas de erosión para calcular las líneas de retroceso y determinar las zonas de peligro. También, sobre el área de estudio, en esta etapa preliminar, se recopila información como temas de erosión, mapas geológicos, mapas topográficos, mapas históricos, fotos de llanuras costeras, artículos científicos, imágenes satelitales, información cartográfica, historia de las mareas, historia del viento, historia del clima y más, los mismos que se utilizan para crear bases de datos y tablas relacionadas con la investigación.

Mediante la elaboración del mapa base (Figura 4-2), se realizó la delimitación y distribución del área de estudio, dividiendo el límite costero en 4 zonas como se mencionó anteriormente. En el mapa se marcan los puntos de inicio y fin de ambos tramos del área de estudio, comenzando en el borde de la desembocadura del Rio Verde y finalizando en la entrada a la playa, cerca de la camaronera GRAMILESA 2 dando un total de 14 kilómetros de área estudiada.

### ***2.2.2. Segunda etapa: Procesamiento de datos***

La segunda etapa se realizó mediante el uso de la extensión *Sistema de análisis digital de costa* o DSAS (por sus siglas en inglés), en el software ArcGIS, en donde se llevó a cabo el análisis cuantificativo de los procesos erosivos y el cambio evolutivo o posicional de la línea costera de la parroquia Chanduy. Posterior a ello, para la identificación de los factores que influyen sobre los procesos erosivos de la zona de estudio.

### 2.2.2.1. Diseño de líneas de base y líneas de costas

El estudio de la evolución del perfil costero y determinación de las tasas de erosión en la planicie costera de las diferentes zonas de la parroquia de Chanduy se realizó analizando imágenes satelitales de las líneas base de los años 2009, 2016 y 2021 tomadas de los servidores de Google Earth Pro (GEP).

Los criterios que se mencionaron en el marco teórico son los que se suelen tener en cuenta a la hora de trazar las líneas de costa, debido a la morfología del área de estudio, la línea de costa para la realización de este proyecto de investigación se define según la combinación de los criterios B y C considerando tanto el pie de acantilado y pleamar, sin considerar las estructuras urbanas.

Para la creación y diseño de la información de línea de costa y línea de base se obtuvo una interfaz gráfica de imágenes satelitales que permite la digitalización alfanumérica y vectorial de coordenadas georreferenciadas obtenidas de GEP y la importación de dicha información a un programa GIS (Ojeda Zújar et al., 2013, p.39).

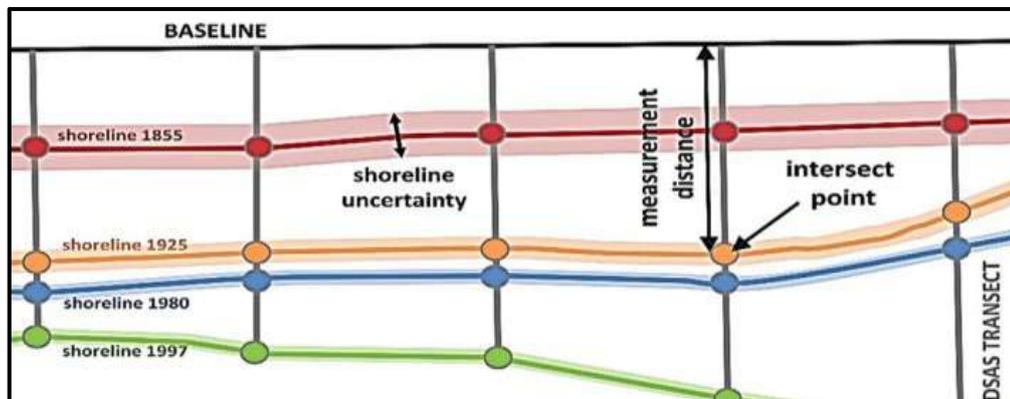
Las informaciones de imágenes satelitales de 2009, 2016 y 2021 se elaboraron en el programa GEP y se extrajeron de coordenadas georreferenciadas al programa ArcGis 10.4, utilizando el sistema de coordenadas UTM CGS\_WGS\_1984, compatible con la extensión DSAS. El proceso se llevó a cabo con cada una de las líneas de las fechas preestablecidas.

Para el procesamiento de la información de línea de costa y línea base dentro del DSAS, se requieren parámetros similares como: tener un formato común, sistemas métricos y de coordenadas; y tener *Personal Geodatabase* en la que se pueda importar y administrar la información calculada.

En el programa DSAS se copia las líneas de costa importadas anteriormente editando algunos campos como *DSAS\_date* con fechas que se tomaron dichas líneas.

Para la creación de la línea de base, la creación se lo hizo en el mismo ArcGis los parámetros a considerar van desde tener en cuenta que es el punto de partida para la medición realizada por los transectos que cruzan transversalmente a las líneas de costa digitalizadas, que estos cruzan cada línea de costa para la obtención de las distancias y tasas desde un punto "A" a un punto "B" (Ver figura 5 - 2); y que dichos puntos y transectos son utilizados para realizar y visualizar diferentes

estadísticas de cambio que posee la extensión DSAS. Con ello se procede a trazar una poli línea junto a la línea de costa más antigua.

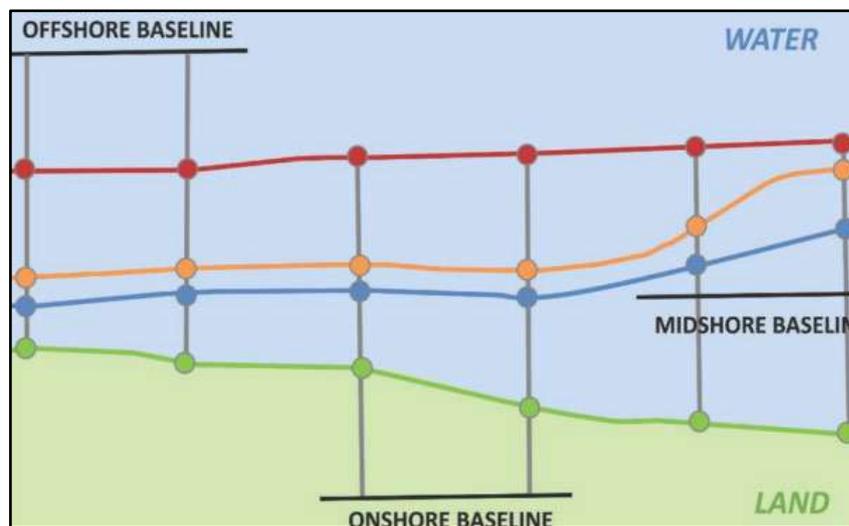


**Figura 5-2:** Elementos utilizados por DSAS para el cálculo de la tasa de erosión

Fuente: Himmelstoss et al., 2018.

Nota: Tomado de a Guía del usuario para el uso de DSAS versión 5.0.

Los parámetros a considerar en la línea base son la posición relativa de la costa según la orientación de la línea de base y la localización de la línea de base según su colocación en *midshore*, *onshore* u *offshore* (Ver figura 7-2).



**Figura 6-2:** Ubicaciones disponibles para la colocación de la línea de base

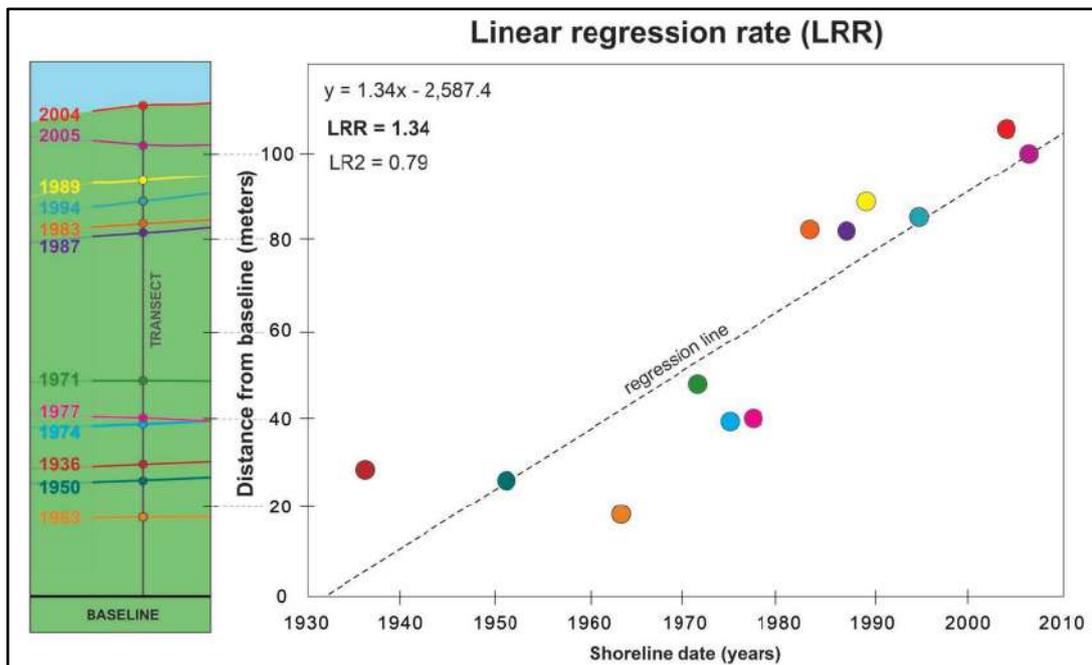
Fuente: Himmelstoss et al., 2018.

Nota: Tomado de a Guía del usuario para el uso de DSAS versión 5.0.

Ya realizadas todas estas configuraciones y digitalizadas las líneas de costas y línea de bases en el programa ArcGis, se procede a la aplicación de la extensión *Sistema digital de análisis de costas* (DSAS).

### 2.2.2.2. Tasa de erosión y evolución de la línea costera

El método de cálculo que incorpora la extensión DSAS es “regresión lineal estadístico” (Ecuación 1) ya que utiliza las distancias existentes entre la línea de base y las líneas de costa para determinar y calcular la tasa erosiva de un perfil costero (Martín Prieto et al., 2018, p.193). Esto se logra trazando las posiciones de intersección de la línea de costa (distancia desde la línea de base) con respecto al tiempo (años) y calculando la ecuación de regresión lineal (Ecuación 1) mediante el método de mínimos cuadrados (Ecuación 2 y 3) en donde la pendiente de la ecuación que describe la recta es la tasa por año como se muestra en la Figura 7 - 2.



**Figura 7-2:** Tasa de regresión lineal, conjunto de datos de la línea de costa (línea de base color negro, transecto gris y líneas de costa e intersecciones multicolor) presentado en un mapa y como un gráfico de distancia desde la línea de base versus la fecha de la línea de costa en relación con la regresión de tasa de regresión lineal (LRR)

**Fuente:** Himmelstoss et al., 2018.

**Nota:** Tomado de a Guía del usuario para el uso de DSAS versión 5.0.

#### Ecuación 1:

$$y = ax + b$$

#### Ecuación 2:

$$a = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

**Ecuación 3:**

$$b = \frac{\sum y - a \sum x}{n}$$

Con respecto a la incertidumbre, cabe mencionar que es un parámetro requerido para este cálculo porque estima el grado de error en la posición de la línea tomada. En este proyecto, como ya se mencionó anteriormente, las imágenes satelitales fueron obtenidas del servidor Google Earth Pro con la mejor precisión, lo que hace que la incertidumbre sea menor que el valor generado por la misma extensión DSAS (10 m). Para la creación de los transectos se configuran los siguientes parámetros:

- ✓ Distancia máxima de búsqueda entre las líneas de costa y la línea de base.

En este proyecto se utilizó una distancia de búsqueda de 80 m, ya que es una distancia considerable para no discriminar ciertas partes de la línea de costa.

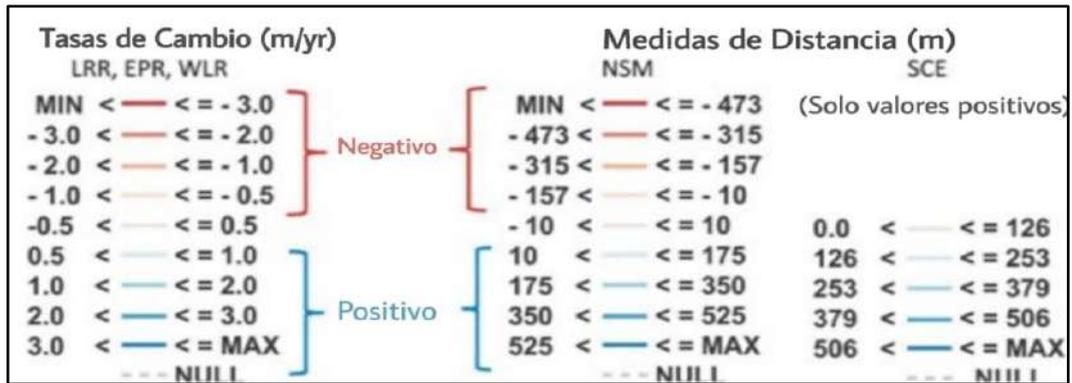
- ✓ Distancia de espaciado de los transectos.

El análisis que normalmente se realiza en DSAS es una sección costera bastante larga (más de 10 km). La zona de estudio analizada en la parroquia Chanduy tiene aproximadamente 14 km, por lo tanto, el espaciado entre transectos es de 25 m para una mejor apreciación y resultados más específicos.

- ✓ Suavizado de la distancia de transectos.

La suavidad es el grado de paralelismo entre el transecto y la curvatura de la línea de costa. Se utilizó un valor de 100 unidades como lo sugiere DSAS, ya que indican que cuanto menos serpenteante sea el perfil de la costa, es más recomendable un bajo valor de suavizado.

Mediante la comparación y el análisis de la estadística de cambio NSM (Movimiento neto de la línea costera), de imágenes satelitales tomadas en los años 2009, 2016 y 2021; se procesó y cuantificó la evolución realizada por la línea de costa del área de estudio hasta el último año estudiado.



**Figura 8-2:** Clasificación de los niveles de erosión

**Fuente:** Himmelstoss et al., 2018.

**Nota:** Tomado de a Guía del usuario para el uso de DSAS versión 5.0.

DSAS realiza todos estos cálculos en esta sección mediante el análisis computacional y clasificando los resultados obtenidos en valores positivos para los movimientos en dirección hacia la plataforma marina y negativos para los movimientos en dirección hacia el continente (NSM) o el nivel de erosión del borde costero (LRR) (Ver figura 8 - 2).

## CAPÍTULO II

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Tasa de erosión del área de estudio

##### 3.1.1. Zona 1

El análisis de las tasas de erosión en el perfil costero de la parroquia de Chanduy permitió cuantificar y validar las áreas donde la erosión ha tenido un mayor impacto, como resultando en esta zona, se obtuvo 4 sectores erosionados (Ver Figura 1-3).

Estos resultados se obtuvieron a través del análisis computacional de 26 transectos ubicados a lo largo de la zona 1 que es en donde se sitúa el muro de protección para de esta manera ver como este influye en los niveles de erosión en donde nos dieron una media de 0,33 y un nivel máximo de erosión de 1,46 metros al año en el sector que comprende al transecto 23 (Aproximadamente 25 metros de distancia lineal) y con respecto a los niveles de acreción se registraron valores con una media de 0,56 y un máximo de hasta 1,43 metros al año en el transecto 14 siendo este sector el más conservado.

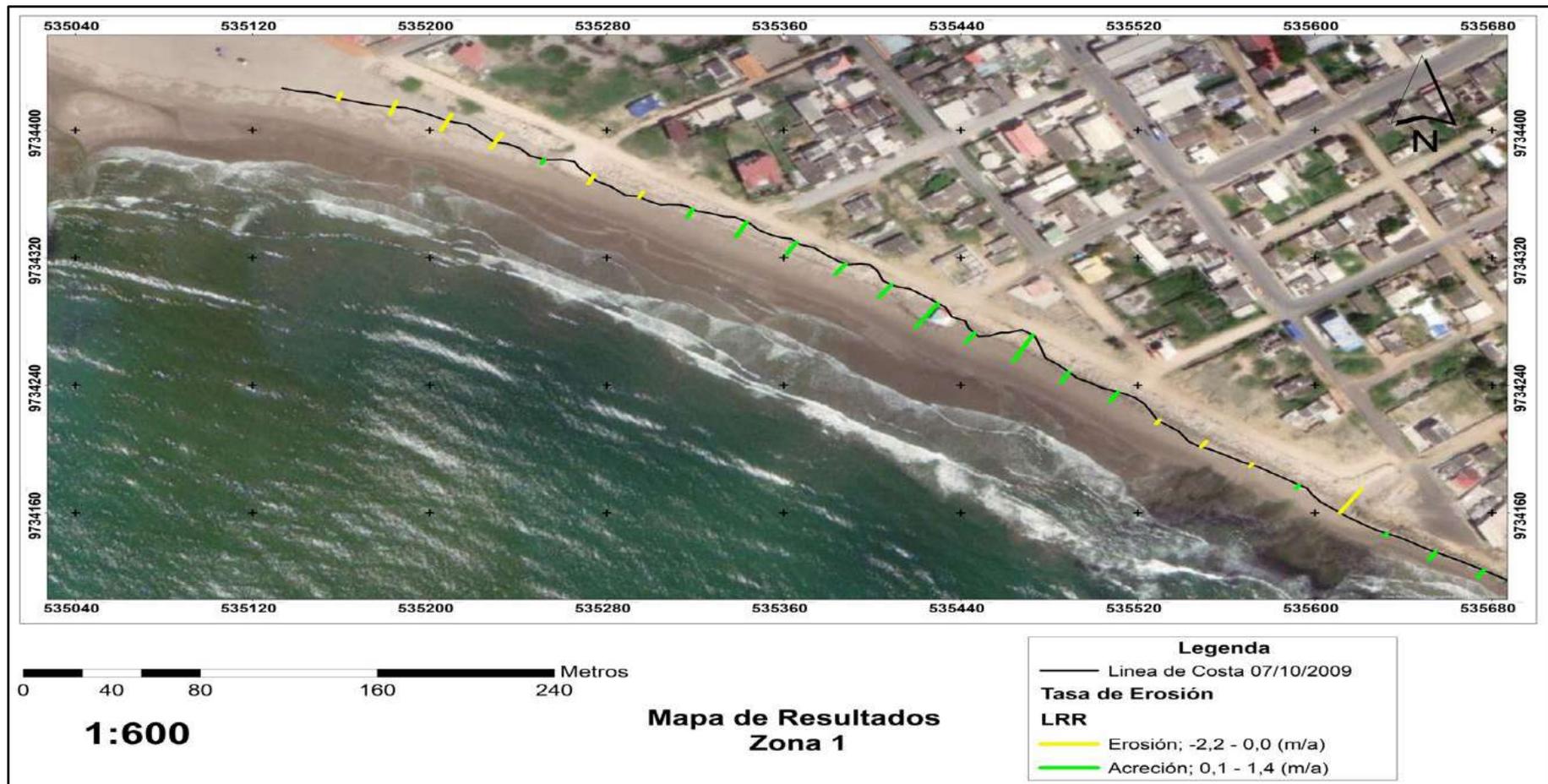
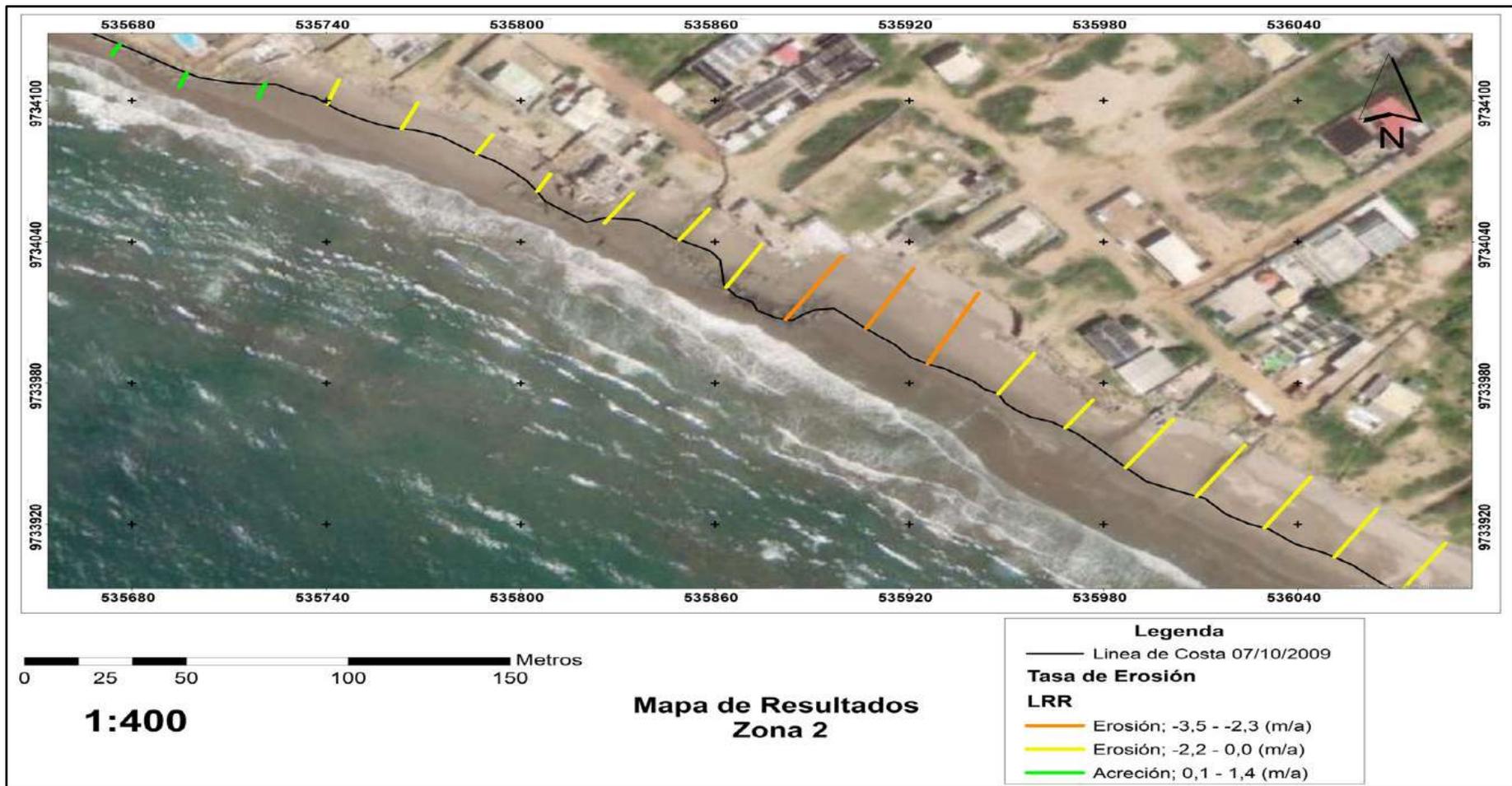


Figura 1-3: Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 1

Realizado por: Acero, J, 2022.

### **3.1.2. Zona 2**

Los resultados se obtuvieron mediante el análisis de 18 transectos ubicados a lo largo del perfil costero de la comuna Puerto Chanduy, parroquia Chanduy haciendo énfasis en cómo influye la inexistencia del muro como en la zona 1 en donde nos dieron una media de 1,67 y un nivel máximo de erosión de 2,86 metros al año en el sector que comprende desde el transecto 29 al 44 (Ver Figura 2-3) (Aproximadamente 375 metros de distancia lineal) y con respecto a los niveles de acreción se registraron valores con una media de 0,51 y un máximo de hasta 0,55 metros al año en el transecto 14 siendo este sector el más conservado.



**Figura 2-3:** Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 2

Realizado por: Acero, J, 2022.

### **3.1.3. Zona 3**

Los resultados se obtuvieron mediante el análisis de 120 transectos ubicados a lo largo del perfil costero de la parroquia Chanduy, en un área abierta preparada para el desarrollo urbano en donde nos dieron una media de 2,20 y un nivel máximo de erosión de 4,78 metros al año a lo largo de toda la zona (Ver Figura 3-3) (Aproximadamente 1 500 metros de distancia lineal) y con respecto a los niveles de acreción no se registraron valores siendo toda esta zona la menos conservada.

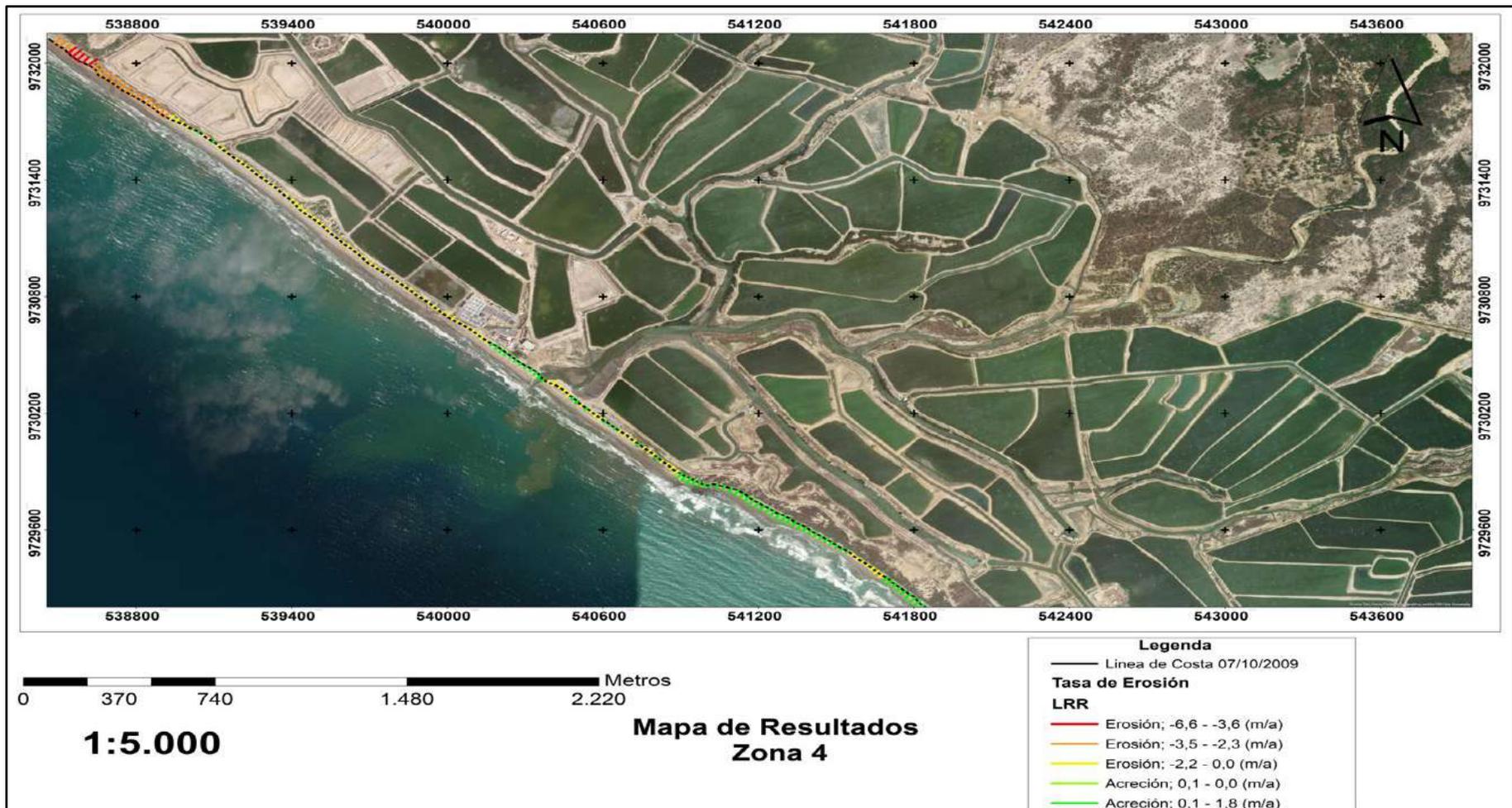


**Figura 3-3:** Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 3

Realizado por: Acero, J, 2022.

#### **3.1.4. Zona 4**

Los resultados se obtuvieron mediante el análisis de 468 transectos ubicados a lo largo del perfil costero de la parroquia Chanduy, en esta zona abunda la industria camaronera, es por ello que se busca la incidencia del mismo en la tasa de erosión en donde nos dieron una media de 1,31 y un nivel máximo de erosión de 6,58 metros al año en el sector que comprende desde el transecto 293 al 371 (Ver Figura 4-3, 5-3 y 6-3) (Aproximadamente 1 950 metros de distancia lineal) y con respecto a los niveles de acreción se registraron valores con una media de 0,42 y un máximo de hasta 1,78 en el transecto 144 siendo este sector el más conservado.



**Figura 4-3:** Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 4

Realizado por: Acero, J, 2022.



Figura 5-3: Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 4 (Continuación)

Realizado por: Acero, J, 2022.

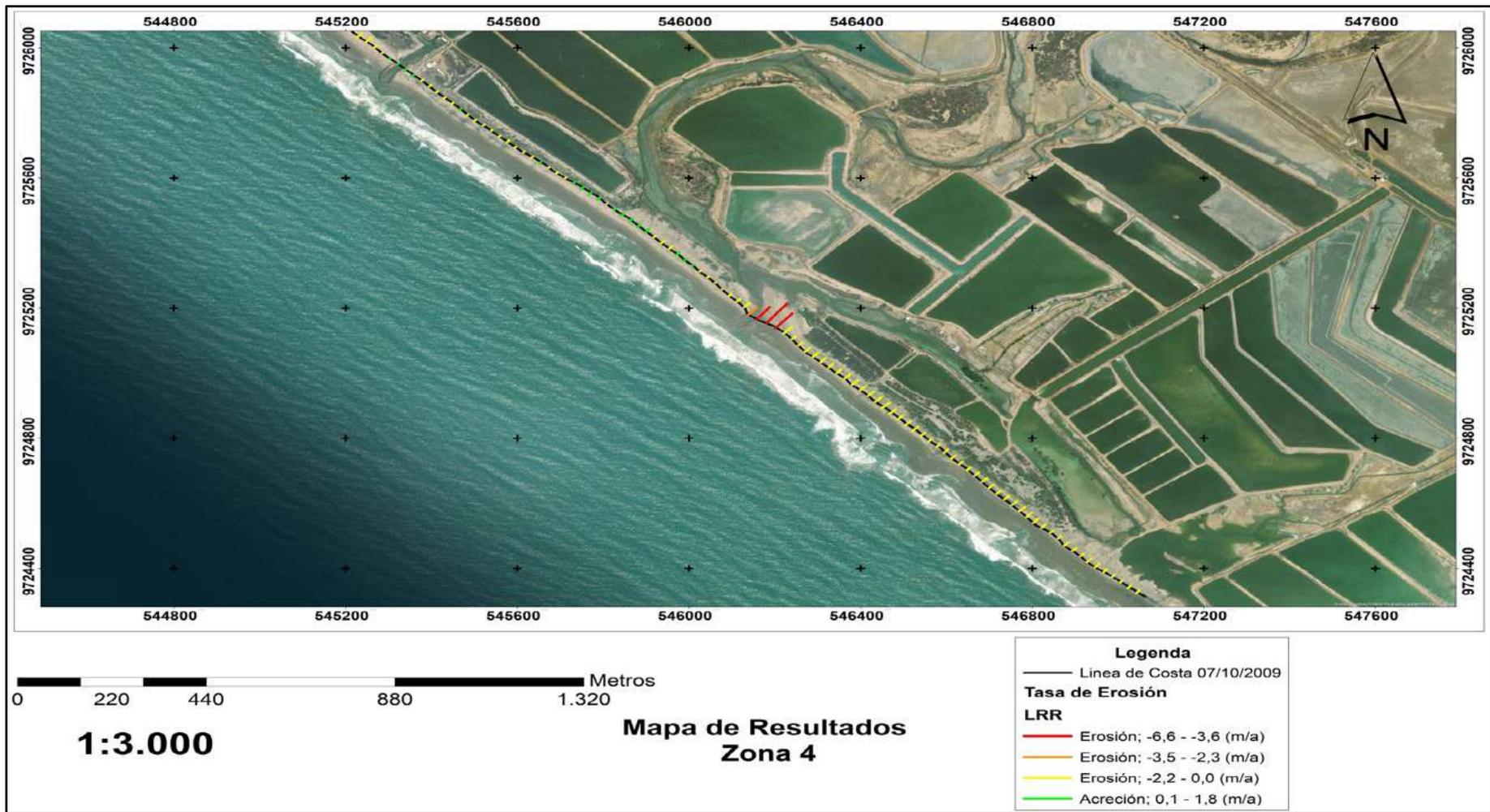


Figura 6-3: Mapa de ubicación de los sectores erosionados de la zona 4 (Continuación)

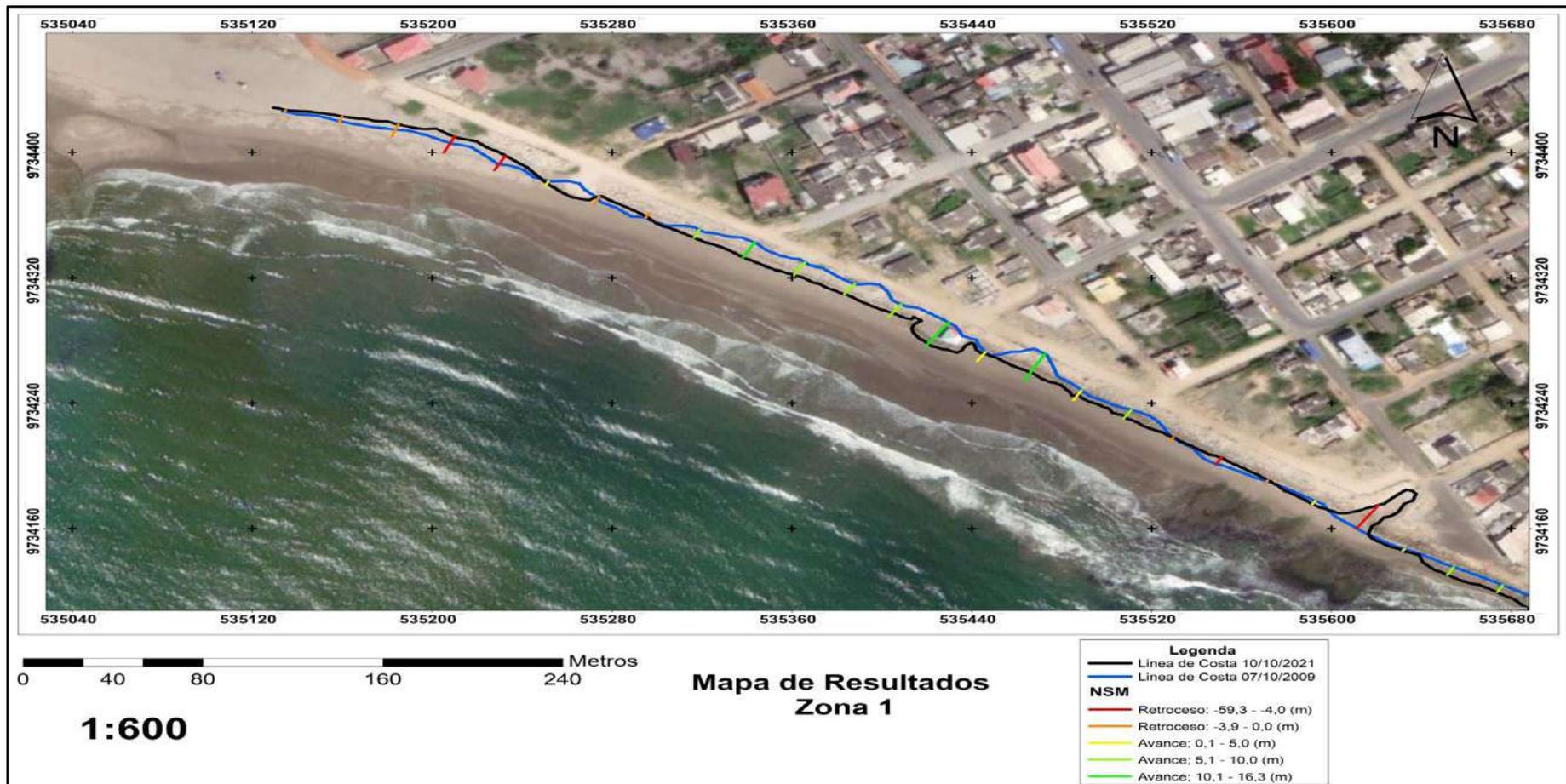
Realizado por: Acero, J, 2022.

### **3.2. Evolución de la línea de costa**

Ninguna costa en el mundo es estática ya que la morfología de estas áreas geográficas depende de los procesos que contribuyen al movimiento del sistema costero, entonces, el avance o retroceso de la línea de costa depende de varios procesos geológicos que modifican su posición hasta la ubicación actual. Se cuantificó el movimiento de la línea de costa del 2009 hasta el 2021 y se exportó a tablas mostrándonos los siguientes valores para cada zona de estudio.

#### **3.2.1. Zona 1**

Los resultados obtenidos del movimiento neto de la línea de costa mediante el análisis de 26 transectos de la zona 1 dieron datos de movimiento máximo realizado con sentido hacia el continente de 17,67 con una media de 4,10 metros, mientras que el movimiento máximo realizado con sentido hacia la plataforma marina es 16,33 con una media de 6,44 metros (Ver figura 7-3), las tasas de movimiento neto de la línea de costa de la zona 1.

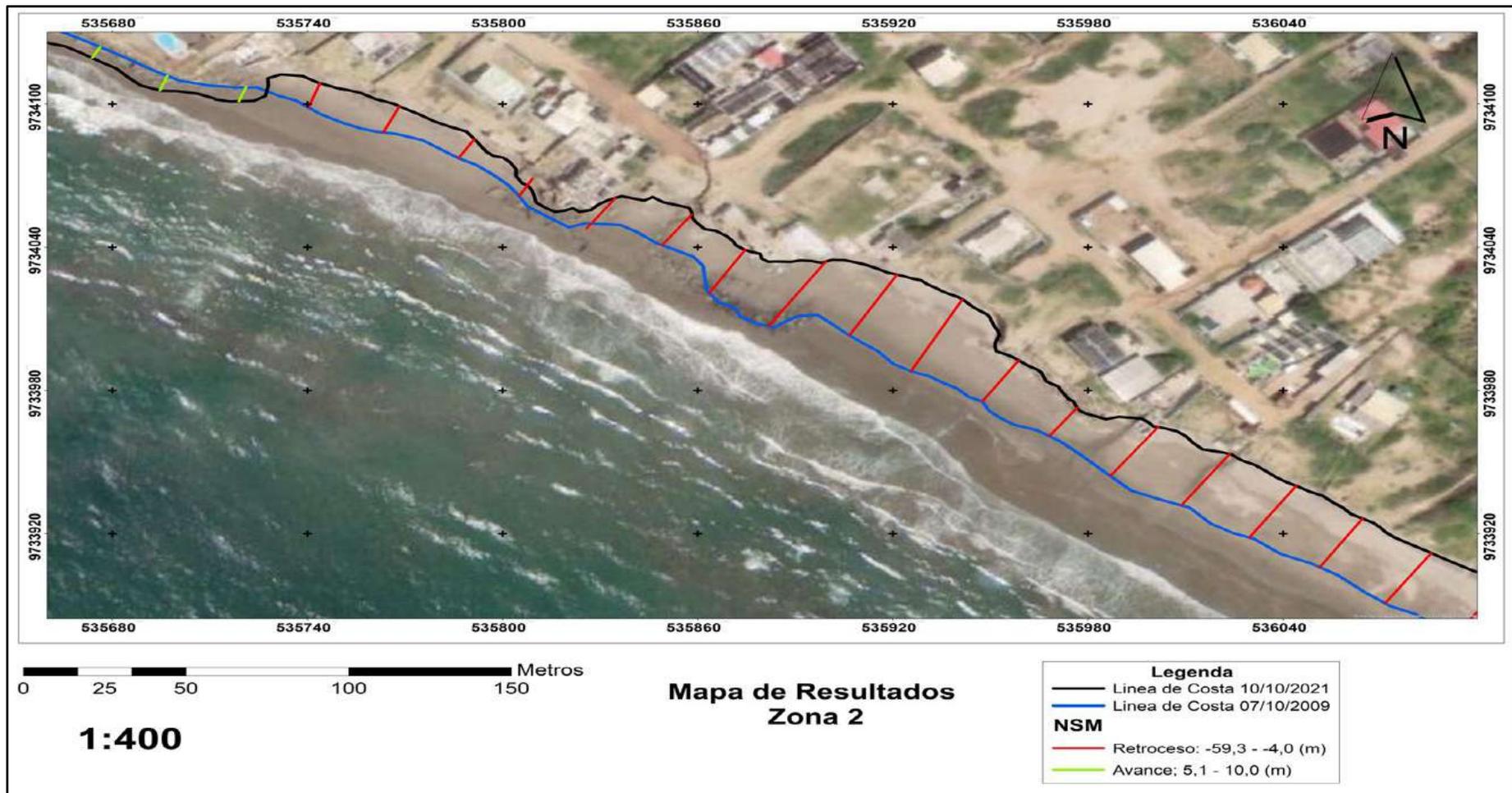


**Figura 7-3:** Evolución de la línea de costa de la zona 1. Los transectos indican el movimiento neto realizado de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2021

Realizado por: Acero, J, 2022.

### **3.2.2. Zona 2**

Los resultados obtenidos del movimiento neto de la línea de costa mediante el análisis de 18 transectos de la zona 2 dieron datos de movimiento máximo realizado con sentido hacia el continente de 33,91 con una media de 19,99 metros, mientras que el movimiento máximo realizado con sentido hacia la plataforma marina es de 6,50 metros con una media de 6,34 metros (Ver figura 8-3), las tasas de movimiento neto de la línea de costa de la zona 2.



**Figura 8-3:** Evolución de la línea de costa de la zona 2. Los transectos indican el movimiento neto de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2021  
 Realizado por: Acero, J, 2022.

### **3.2.3. Zona 3**

Los resultados obtenidos del movimiento neto de la línea de costa mediante el análisis de 120 transectos de la zona 3 dieron datos sin movimiento máximo realizado con sentido hacia la plataforma marina, mientras que el movimiento máximo realizado con sentido hacia el continente es de 59,26 con una media de 26,82 metros (Ver figura 9-3), las tasas de movimiento neto de la línea de costa de la zona 3.

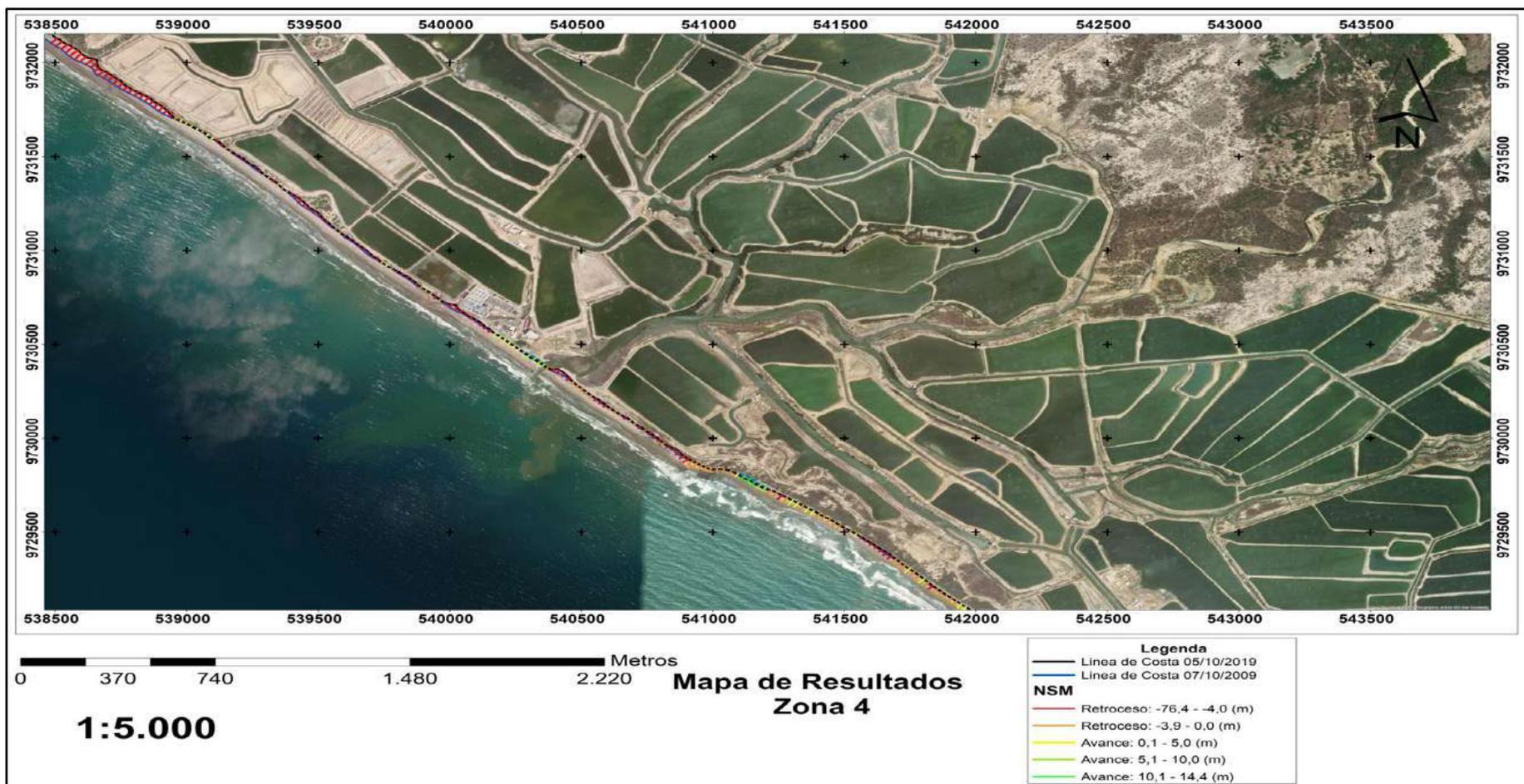


**Figura 9-3:** Evolución de la línea de costa de la zona 3. Los transectos indican el movimiento neto de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2021

Realizado por: Acero, J, 2022.

#### **3.2.4. Zona 4**

Los resultados obtenidos del movimiento neto de la línea de costa mediante el análisis de 18 transectos de la zona 4 dieron datos de movimiento máximo realizado con sentido hacia el continente de 76,39 con una media de 12,75 metros, mientras que el movimiento máximo realizado con sentido hacia la plataforma marina es de 14,38 con una media de 4,14 metros (Ver figura 10-3, 11-3 y 12-3), las tasas de movimiento neto de la línea de costa de la zona 4.



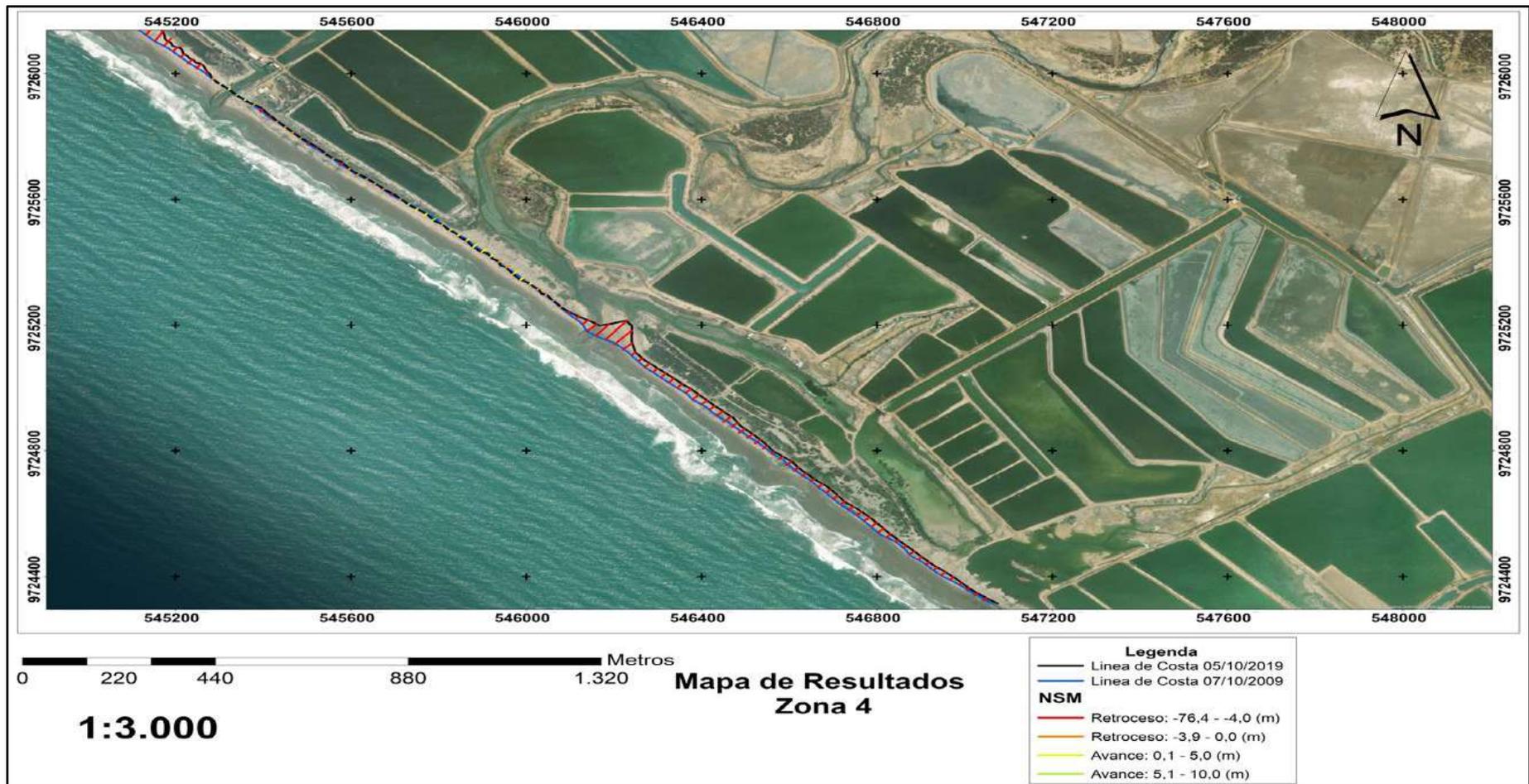
**Figura 10-3:** Evolución de la línea de costa de la zona 4. Los transectos indican el movimiento neto realizado de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2019

Realizado por: Acero, J, 2022.



**Figura 11-3:** Evolución de la línea de costa de la zona 4. Los transectos indican el movimiento neto realizado de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2019 (Continuación)

Realizado por: Acero, J, 2022.

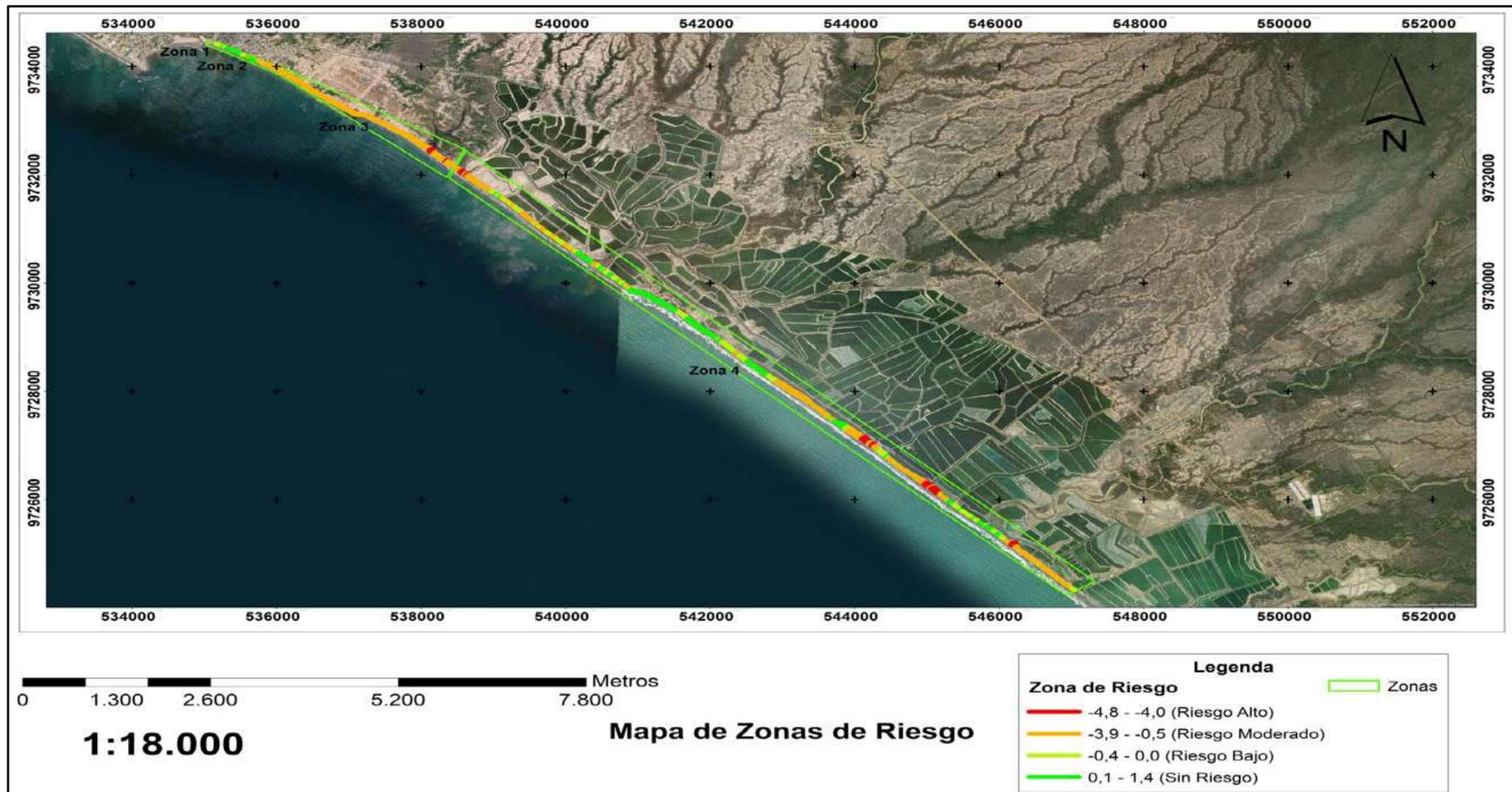


**Figura 12-3:** Evolución de la línea de costa de la zona 4. Los transectos indican el movimiento neto realizado de la línea de costa desde el año 2009 hasta el año 2019 (Continuación)

Realizado por: Acero, J, 2022.

### **3.3. Zonas de peligro**

En base a los datos recopilados, las zonas de peligro se clasificaron como riesgo alto, riesgo moderado y riesgo bajo (Ver Figura 13-4).



**Figura 13-3:** Zonas de peligro

Realizado por: Acero, J, 2022.

Mediante los datos obtenidos sobre la tasa de erosión se identificó que la zona con mayor peligro es la zona 4 ya que contienen más sectores con alto índice de erosión que llegan hasta los 6,58 metros por año, por otro lado, la zona con riesgo moderado destaca la zona 3 en donde no cuentan con altos valores de erosión pero con respecto a la longitud del mismo ocupa toda la zona en si, finalmente, en las zonas con menor riesgo destacan ciertos sectores de la zona 4, específicamente sectores que no son afectados directamente por las desembocaduras provenientes de los criaderos de mariscos, presentan valores positivos pero son poco considerables ya que a lo largo de toda la zona hay sectores con mayor riesgo y finalmente, todo el sector correspondiente a la zona 1.

### 3.4. Factores erosivos

Los factores erosivos son todos aquellos que influyen o tienen cierto impacto en el avance o deterioro de la erosión. La interpretación de las imágenes satelitales y las tasas de erosión obtenidas mediante el estudio permitieron identificar los factores que contribuyeron al proceso de erosión en el área, los cuales fueron:

#### 3.4.1. Precipitación y corrientes de agua

Para los registros de precipitaciones de la provincia de Santa Elena, los datos fueron tomados del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada que recopila datos de las 12 estaciones meteorológicas del país cerca de la zona (Estación meteorológica La Libertad) obteniendo un promedio anual desde 2009 hasta el 2021, siendo septiembre como mes para el análisis (Ver Tabla 1-3).

**Tabla 1-3:** Registros de los valores de precipitaciones de la provincia de Santa Elena

Año	Valores normales promedio anuales (mm)	Mes de Septiembre (mm)
2009	0,4	0
2010	0,4	0,1
2011	1	0
2012	1	0
2013	1	0
2014	1	1,15
2015	1	0,1
2016	1	0,1
2017	1	0,2
2018	1	1,15
2019	1	0,1

2020	1	0
2021	1	0,9

Fuente: Información extraída del Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, 2022.

Realizado por: Acero, J, 2022.

Como se puede apreciar en la Tabla 9-3 las lluvias son escasas lo que son considerables como factor de erosión, Cisneros Granizo, (2013, p.260) menciona que la influencia de la corriente Fría de Humbolt hace que las precipitaciones sean escasas en las costas de la Provincia de Santa Elena.

Por otro lado, las corrientes cuentan con velocidades máximas de hasta 0,50 m/s con tendencia hacia el este en flujo y hacia el noroeste-oeste durante del reflujos con velocidades de 0,40 m/s, Figura 4-14 (Vera et al., 2009, p.6).

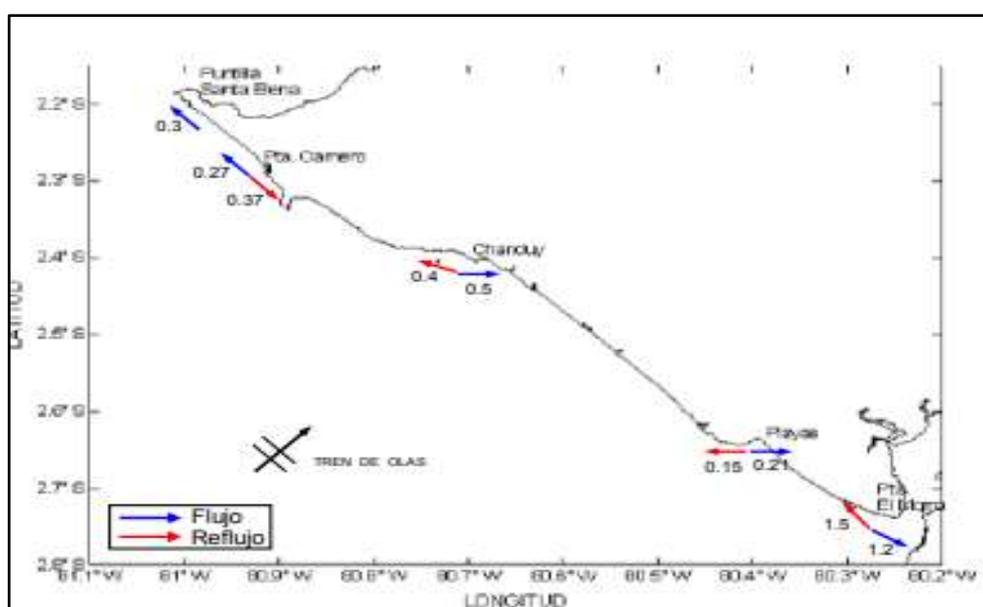


Figura 14-3: Corrientes-Chanduy, velocidades máximas obtenidas

Fuente: Vera et al., 2009.

Las velocidades de las corrientes antes descritas contribuyen a la erosión ya sea después de la que la ola se retrae arrastrando los sedimentos de la costa por corrientes de fondo o por corrientes que se forman luego de que las olas golpean en las costas.

### 3.4.2. Marea y oleaje

Otros factores que contribuyen a la erosión en el área de estudio son las mareas y las olas. Las mareas afectan la acumulación en las regiones norte y sur en ciertas épocas del año mientras que las olas con dirección hacia las costas (Ver figura 14-3) inciden directamente en el desgaste del

talud, alcanzando una altura de aproximadamente un metro (Vera, et al., 2009, p.12), afectando el fondo, y repercuten en el posterior hundimiento del talud por gravedad.

La tabla 2-3 muestra las variaciones de las mareas en los diferentes años, los datos fueron extraídos del INOCAR, del puerto Anconcito que es el que se encuentra más cerca al área de estudio, los datos obtenidos de los meses enero, agosto y diciembre del 2016 hasta el 2021 muestran alturas por encima de los dos metros para pleamar y por debajo del medio metro para bajamar.

**Tabla 2-3:** Promedios de las alturas de las mareas en pleamar y bajamar

ALTURA EN METROS							
Mes	Enero		Agosto		Diciembre		Anual
Año	Bajamar	Pleamar	Bajamar	Pleamar	Bajamar	Pleamar	
2016	0,86	2,08	0,33	2,09	0,54	2,32	1,37
2017	0,41	2,38	0,64	1,65	0,65	2,42	1,36
2018	0,03	2,09	0,35	1,87	0,58	1,85	1,13
2019	0,49	1,61	0,02	2,06	0,35	1,91	1,07
2020	0,63	1,91	0,35	1,96	0,32	2,07	1,21
2021	0,33	2,09	0,74	1,77	0,50	2,07	1,25
Promedio	0,46	2,03	0,41	1,90	0,49	2,11	

**Fuente:** Información tomada del Instituto Oceanográfico de la Armada del Ecuador, 2022.

**Realizado por:** Acero, J, 2022.

Cabe mencionar que en el año 2017 el nivel del mar alcanzó los dos metros y medio aproximadamente mientras que por otro lado en el 2019 la altura estuvo casi al nivel del mar.



**Figura 15-3:** Factor erosivo, la flecha amarilla indica material caído por acción de la gravedad producto del choque de las olas (Flecha amarilla) y la marea en su base (Flecha blanca)

**Fuente:** Sandoval Bermeo, 2021.

El cálculo de las olas generadas por viento local de 14 m/s de velocidad (brisa), para el área de Chanduy, determinó que se producen olas de 1.3 metros de altura significativa y 4 segundos de período significativo (Cisneros Granizo, 2013, p.263), influyendo en la morfología costera y en el efecto destructivo sobre las playas, costas y obras construidas por el hombre, Figura 16-3.



**Figura 16-3:** Factor erosivo, efectos del choque de las olas con la zona costera

**Fuente:** Sandoval Bermeo, 2021.

### **3.4.3. Factores antropogénicos**

#### **3.4.3.1. Expansión urbana**

El espacio territorial de Chanduy fue considerado como “Costa mala”, todo esto debido a que es azotada por los fuertes vientos y olas que lo vuelven un sitio de riesgo (Cisneros Granizo, 2013, p.264). Junto a ello, el crecimiento poblacional y la necesidad ocupacional del territorio, ha llevado a que las costas sean en mayor medida propensas a crecimientos erosivos, como se observa en la Figura 4-17, la zona urbana ha ido incrementando con el paso de los años, esto conlleva a que la zona libre del factor antrópico cuente con esta incidencia.



**Figura 17-3:** Chanduy, urbanización año 2009 y año 2021 respectivamente. Imagen tomada de Google Earth Pro

Realizado por: Acero, J, 2022.

Además del crecimiento poblacional, otra de las razones de la urbanización es la construcción de estructuras con fines protectores hacia las viviendas alterando la dinámica natural de las costas.

#### 3.4.3.2. Deforestación

Como se mencionó anteriormente, los manglares en los litorales juegan un papel importante en el equilibrio del flujo de sedimentos y el control del flujo de las mareas (Teran, 2020, p.47), el mismo que ha desaparecido en un 21% en las últimas décadas (El Universo, 2020, p.8) debido a factores antrópicos, Torres (2019, p.68) menciona que la ocupación del ecosistema manglar para la producción industrial de camarón en piscinas, se establece como la principal causa de pérdida de su biodiversidad ya que los manglares son el hábitat perfecto para los mismos.



**Figura 18-3:** Piscinas camaroneras ubicados en manglares

**Fuente:** Torres, 2019.

#### *3.4.3.3. Pesca e industrialización*

Otras de las principales fuentes del crecimiento erosivo son las industrias, siendo precisos, los criaderos o piscinas camaroneras, la extensión de piscinas camaroneras en la Costa ecuatoriana se calcula entre 220 000 y 250 000 hectáreas, mientras que para las provincia de Santa Elena 1891,1 hectáreas y ocupa todo el rubro de exportación de este crustáceo (Torres, 2019, p.70).

Con la ayuda de imágenes satelitales (Figura 19-3), en la zona 4 se observaron al sector productivo ubicado en áreas donde contribuyen a las afecciones por aporte de sedimentos provenientes de zonas superiores arrastradas por los ríos Panamao, Rio Tagadujaja, Rio de la Rita y Rio Barchilero Grande.



**Figura 19-3:** Factores antropogénicos. Zona 4. Criadores de mariscos. Los círculos rojos muestran las desembocaduras hacia las costas. Imagen tomada de Google Earth Pro

Realizado por: Acero, J, 2022.

Además de la pesca industrial, la mayoría de los habitantes de la parroquia Chanduy se dedica a la pesca tradicional (Teran, 2020, p.45), y a la cría de crustáceos de forma artesanal explotando en

mayor medida a los manglares (Figura 20-3) y por ende ayudando al crecimiento erosivo y retroceso de la línea de costa.



**Figura 20-3:** Criadero de crustáceos artesanal

**Fuente:** Sandoval Bermeo, 2021.

## CAPÍTULO IV

### 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las tasas de erosión obtenidas del perfil costero de la parroquia de Chanduy indican que el área de estudio se ve afectada en mayor medida por la erosión y por ende el movimiento de la línea de costa es evidente, los resultados nos indican que en la zona 1 la tasa de erosión y el retroceso de la línea de costa son bajos, mientras que en la zona 2 existen resultados considerables que evidencian la importancia de la existencia del muro de protección el cual ayuda a reducir el incremento elevado de resultados negativos que influyen mucho en la estabilidad de la zona costera, por otro lado, en la zona 3 y 4 los valores tanto de erosión y retroceso son altos por lo tanto son las zonas con mayor incidencia ya sea por factores naturales o antropogénicos, cabe recalcar que los valores altos de erosión y retroceso están ubicados en las desembocaduras hacia la costa producto de los criaderos de mariscos ubicados en la parte final de la zona 3 y a lo largo de la zona 4.

Los procesos de erosión que alteraron la costa de Chanduy entre 2009 y 2021 fueron causados tanto por factores naturales como antropogénicos, siendo los factores naturales los que más contribuyeron al retroceso de la línea de costa; aunque la mayoría de estas modificaciones de la línea de costa fueron lentas y naturalmente, se ha visto una aceleración en la modificación del tamaño debido a otros factores como son las olas y mareas. Investigaciones de Amrouni et al. (2019, p.74) indican que el cambio climático contribuye a una pérdida de costas que puede ser de centímetros hasta 10 m por año y debería ser considerada como un factor de influencia de erosión particularmente en comunas ubicadas sobre los bordes de los acantilados. También, con respecto a las lluvias, en los 13 años analizados, septiembre tuvo precipitaciones bajas, lo que resultó en cargas de sedimentos insuficientes en las playas de la parroquia de Chanduy, el cual generó pérdida temporal de la superficie del agua en áreas cercanas a los ríos, permitiendo a las olas erosionar fuertemente los acantilados.

Cabe mencionar que el desarrollo urbano se está acercando a las estructuras afectadas por la erosión con alto riesgo debido a las estructuras de prevención de accidentes por erosión construidas por la prefectura y la municipalidad de Chanduy, no pueden resistir las fuerzas de los factores naturales que afectan el área (Ver figura 1-4). Este criterio considera que las casas cercanas al acantilado muy probablemente se derrumbarían debido al retroceso de la costa dentro de los próximos 10 años, por lo que las próximas casas estarían en un riesgo muy alto en este momento.



**Figura 1-4:** Destrucción del muro de protección por efectos fuertes efectos erosivos

Fuente: Sandoval Bermeo, 2021.

Con respecto a las zonas de riesgo, a nivel general la zona con mayor y menor riesgo son la zona 4 y 1 respectivamente, pero, a nivel ocupacional territorial la zona con mayor riesgo es la zona 2 el cual además de que no contaba con algún tipo de prevención, es la zona que más cercanía tiene con la costa y por ende la erosión y el retroceso de la línea de costa afectan directamente a ese sector (Figura 2-4). Por esta razón en el presente año la municipalidad de Chanduy construyó un muro de protección en la zona 2, pese a que instalaciones de estructuras de ingeniería como muros y paredes son consideradas como las mejores estrategias de protección en zonas costeras acciones de redistribución de arena e instalación de estructuras de reconstrucción de dunas en líneas de costa optimizan la regeneración de costas y previenen procesos erosivos; zonas como Chanduy por sus características de oleaje, fuerza de marea y carencia de continuo mantenimiento tienden a desgastar el material del muro haciendo al mismo una solución temporal de mediano plazo.



**Figura 2-4:** Urbanización de la zona 2 al borde costero. Imagen tomada de Google Earth Pro  
**Realizado por:** Acero, J, 2022.

Finalmente, la metodología presenta limitaciones en el cálculo de líneas de costa. Ya que la generación de los puntos de coordenadas en GEP dependen un rango cálculo manual alto y el limitado número de imágenes satelitales disponibles, se podrían originar errores de cálculo en recuperación de costa. Por ejemplo, la zona 1 muestra en áreas de costa y/o playa recuperada de hasta 16m, considerando que el muro de protección fue construido recientemente en al año 2016 y los altos niveles de erosión registrados en zonas 2, 3, y 4 esto puede inducir a que pueda existir errores de cálculo en los que se puede incurrir. Adicionalmente, este dato contrasta con la conferencia mundial del cambio climático en 2010, que reportó que las playas en Ecuador han sufrido una erosión promedio de 2 m por década; y playas a 37 km al norte de Chanduy han registrado procesos erosivos de 50 m desde mediados de 1980 (Cuenca High Life, 2015, p.24).

## CONCLUSIONES

- Según la media de las tasas erosivas de las zonas analizadas, el 42,30% de los transectos de la zona 1 indican que el retroceso lineal realizado por el borde costero es de 0,32 metros/año; el 88,88% de los transectos de la zona 2 indican que el retroceso es de 1,67 metros/año; el 100% de los transectos de la zona 3 indican que el retroceso es de 2,20 metros/año y el 74,14% de los transectos de la zona 4 indican que el retroceso lineal realizado por el borde costero es de 1,31 metros/año.
- El 42,30% de los transectos de la zona 1 indican que el promedio del movimiento neto realizado por la línea de costa hacia el continente es de 4,10 metros; el 88,88% de los transectos de la zona 2 indican un valor de 19,99 metros; el 100% de los transectos de la zona 3 indican un valor de 26,82 metros y el 81,41% de los transectos de la zona 4 indican una estimación de 12,74 metros.
- En base a las tasas erosivas, la interpretación de los mismo y las evidencias encontradas en las zonas, los procesos de erosión que afectan a lo largo del borde costero de la Parroquia Chanduy se deben a la fuerza del oleaje, marea y la gravedad, el cual desprende los taludes que están ya débiles por los demás factores, los mismos, también debilitan los muros construidos a lo largo de la zona 1 y 2 haciendo que estas estén dentro de las zonas con riesgo alto debido a que es el territorio cuya población está más cerca al borde costero.
- La precipitación o la escasez del mismo, provoca una falta de carga sedimentaria a las playas en la Parroquia Chanduy el cual hace que las áreas que están cerca a la desembocadura de los ríos pierdan superficie temporalmente haciendo que las olas tengan mayor alcance a los taludes erosionándolos con mayor intensidad.
- Todos los factores de erosión combinados provocan que las paredes de los acantilados de las zonas se debiliten ya sea en la parte superior e inferior, provocando que la estructura colapse más rápido de lo normal el cual promueve el avance del mar hacia el continente.
- Mediante las tasas calculadas y el avance de la línea de costa se puede decir que, la erosión, que avanza con dirección hacia el continente, causara conflictos a las comunas ubicadas sobre y cerca a los acantilados.

## RECOMENDACIONES

- Sobre los datos recopilados en Google Earth Pro, usar imágenes satelitales de las mismas fechas (Día y mes), esto facilitará la comparación histórica con diferentes épocas o años, logrando así determinar el avance o retroceso de la línea de costa en el Software ArcGis sin posibles errores que comprometan a los resultados.
- Debido a la falta de información fotogramétrica ya sea histórica o actual y los serios problemas de erosión en el sitio, se recomienda la implementación de drones con el fin de obtener una imagen satelital más precisa y actual. Esto facilitaría un estudio detallado del terreno cerca de la línea de costa, lo que permitirá la posibilidad de pronosticar eventos y posibles riesgos.
- Con respecto a la construcción del muro, específicamente al deterioro del mismo a causa de la fuerza intensa de las olas, se recomienda el cambio del material base de los muros de contención a un material más resistente que pueda soportar las intensas olas.

## BIBLIOGRAFÍA

**AMROUNI, O., HZAMI, A. y HEGGY, E.** Photogrammetric assessment of shoreline retreat in North Africa: Anthropogenic and natural drivers. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* [en línea], vol. 157, no. April, 2019, pp. 73-92. ISSN 09242716. DOI 10.1016/j.isprsjprs.2019.09.001. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2019.09.001>.

**AVALOS, D.** Projection oh hazards by shoreline retreat in Chanduy , Ecuador Hydrometeorological Hazard and Risk at the Coastal Zones WACOMA By : Dany Avalos. [en línea], 2020. pp. 12. Disponible en: <https://drive.google.com/file/d/1BKdiIdg235CLjb5MxsrugdW3GBGNT2hz/view?usp=sharing>.

**BENSENY, G.** Usos y conflictos en la zona costera, el caso de Santa Clara del mar, Argentina. *Faces* [en línea], 2015. vol. 44, pp. 69-86. Disponible en: <http://nulan.mdp.edu.ar/2659/1/benseny-2014.pdf>.

**CASTRO, V.C.** Impacto socioambiental de la erosión costera. El caso Chiapas. [en línea], no. February. 2020. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/339386878\\_Impacto\\_socioambiental\\_de\\_la\\_erosion\\_costeria\\_El\\_caso\\_Chiapas](https://www.researchgate.net/publication/339386878_Impacto_socioambiental_de_la_erosion_costeria_El_caso_Chiapas).

**CISNEROS GRANIZO, P.** Estudio De Impacto Ambiental: Muro de Protección contra la Erosión del Borde Costero en la Cabecera Parroquial de Chanduy. [en línea], 2013. pp. 251. Disponible en: <https://maesantaelena.files.wordpress.com/2014/05/eia-muro-de-proteccion3b3n.pdf>.

**CUENCA HIGH LIFE.** Scientists warn of catastrophic beach erosion in case of an El Niño. *Resources For expat Living* [en línea]. 2015. Disponible en: <https://cuencahighlife.com/scientists-warn-of-catasrophic-beach-erosion-in-case-of-an-el-nino/>.

**DAVILA MARTÍNEZ, I.M.** Análisis De Cambio En La Línea De Costa En La Zona Litoral Del Parque Nacional Natural Vía Isla De Salamanca Para Los Años 2000, 2013 Y 2020 Utilizando Imágenes Landsat 7 Y 8. [en línea], 2020. pp. 1-14. Disponible en: [https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37730/DavilaMartinezIbethMilena2020\\_R1.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/37730/DavilaMartinezIbethMilena2020_R1.pdf?sequence=3&isAllowed=y).

**EL UNIVERSO.** La pérdida del manglar no se detiene en Ecuador pese a que tiene protección legal. Universo [en línea]. [Consulta: 14 octubre 2022]. 2020. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/07/26/nota/7920081/manglares-ecuador-tala-sanciones/>.

**ESTEBAN, M., LOPEZ, J. y VALDECANTOS, V.** Evolución de la línea de costa. [en línea]. Madrid: 2019. Disponible en: [http://ocw.upm.es/pluginfile.php/1786/mod\\_label/intro/Tema\\_05\\_evolucion\\_linea\\_costa.pdf](http://ocw.upm.es/pluginfile.php/1786/mod_label/intro/Tema_05_evolucion_linea_costa.pdf).

**GARCÍA-GARIZÁBAL, I., ROMERO, P., JIMÉNEZ, S. y JORDÁ, L.** Climate change effects on the climate dynamics of Coastal Ecuador. DYNA (Colombia), 2017.vol. 84, no. 203, pp. 37-44. ISSN 00127353. DOI 10.15446/dyna.v84n203.59600.

**HERRERA, V.R.** Geomorfología, zonas de erosión y sedimentación costera de la Península de Burica, Costa Rica. Revista de Biología Tropical [en línea], 2015. vol. 63, no. April, pp. 407-416. ISSN 22152075. DOI 10.15517/rbt.v63i1.23119. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v63s1/0034-7744-rbt-63-s1-407.pdf>.

**HIMMELSTOSS, E.A., HENDERSON, R.E., KRATZMANN, M.G. y FARRIS, A.S.** Digital Shoreline Analysis System ( DSAS ) Version 5.0 User Guide. U.S. Geological Survey Open-File Report 2021-1091, pp. 1-104. 2018.

**IDEAM.** Los litorales (LT). Sistemas morfogénicos del territorio colombiano [en línea], pp. 139-162. 2010. Disponible en: [http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021769/Sistemas\\_Morf\\_Territ\\_Col\\_Ideam\\_Cap6.pdf](http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/021769/Sistemas_Morf_Territ_Col_Ideam_Cap6.pdf).

**LAYANA, E.** Diagnóstico de la biocenosis de los manglares de la Comuna Palmar en la provincia de Santa Elena [en línea]. S.l.: Universidad De Guayaquil. 2013. Disponible en: [http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1750/1/Niveles\\_de\\_cadmio\\_y\\_plomo\\_en\\_el\\_exoesqueleto\\_del\\_cangrejo\\_rojo\\_\(Ucides\\_occidentalis\)...\\_Feys,\\_Johanna.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/1750/1/Niveles_de_cadmio_y_plomo_en_el_exoesqueleto_del_cangrejo_rojo_(Ucides_occidentalis)..._Feys,_Johanna.pdf).

**MARÍN, A.** Sistema Litoral. Instituto de Recursos, Universidad del Mar. [en línea], pp. 78-118. 2005. Disponible en: [http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado\\_itop/113/pdfs/TEMA\\_9-3\\_geomorfologia.pdf](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_itop/113/pdfs/TEMA_9-3_geomorfologia.pdf).

**MARTÍN PRIETO, J.Á., ROIG MUNAR, F.X., RODRÍGUEZ PEREA, A., PONS BUADES, G.X., MIR GUAL, M. y GELABERT FERRER, B.** Análisis De La Evolución Histórica De La Línea De Costa De La Playa De Es Trenc (S. De Mallorca): Causas Y Consecuencias. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, pp. 187-214. 2018. ISSN 15785157. DOI 10.21138/gf.544.

**MONTEALEGRE, J.E.** Modelo institucional del IDEAM sobre el efecto climático de los fenómenos El Niño y La Niña en Colombia. *Ideam* [en línea], pp. 81. 2007. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/440517/Modelo+Institucional+El+Niño+-+La+Niña.pdf/232c8740-c6ee-4a73-a8f7-17e49c5edda0>.

**NIETO, G., SÁNCHEZ, R.M. y GONZÁ, A.** Uso de sensores remotos y SIG para delimitar los cambios en el uso del suelo agrícola de 1970 a 1997 en el estado de Guanajuato. *Investigaciones Geográficas*, no. 47, pp. 92-112. 2002. ISSN 0188-4611.

**OJEDA ZÚJAR, J., DÍAZ CUEVAS, M. del P., PRIETO CAMPOS, A. y ÁLVAREZ FRANCO, J.I.** Línea de costa y sistemas de información geográfica: modelo de datos para la caracterización y cálculo de indicadores en la costa andaluza. *Investigaciones Geográficas*, no. 60, pp. 37. 2013. ISSN 0213-4691. DOI 10.14198/ingeo2013.60.02.

**RODRÍGUEZ PANEQUE, R.** Estudio de los procesos de erosión-sedimentación playa el espino República De El Salvador. [en línea]. San Salvador. 2012. Disponible en: [http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/174/ESTUDIO DE LOS PROCESOS DE EROSIÓN EN PLAYA EL ESPINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://rcc.marn.gob.sv/bitstream/handle/123456789/174/ESTUDIO%20DE%20LOS%20PROCESOS%20DE%20EROSI%20N%20EN%20PLAYA%20EL%20ESPINO.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**RONDÓN RAMÍREZ, G.** Análisis de la variación temporal de la línea de costa y caracterización de la geomorfología litoral: bahía de Paita, Perú 1946-2007. *Espacio y Desarrollo* [en línea], vol. 0, no. 23, pp. 93-114. ISSN 1016-9148. 2011. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/espacioydesarrollo/article/view/3501>.

**SANDOVAL BERMEJO, P.S.** evolución de la línea de costa y determinación de la tasa de erosión costera de la Parroquia Chanduy, Cantón Santa Elena [en línea]. 2021. Disponible en: <http://journal.unilak.ac.id/index.php/JIEB/article/view/3845%0Ahttp://dspace.uc.ac.id/handle/123456789/1288>.

**TERAN, S.** Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la Parroquia Chanduy. GAD Pomasqui [en línea]. 2020.: Disponible en: [chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fpomasqui.gob.ec%2Fpichincha%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F05%2FDPDOT-GADPR-POMASQUI\\_05\\_mayo\\_completo-min.pdf&chunk=true](chrome-extension://efaidnbmninnibpcapjpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fpomasqui.gob.ec%2Fpichincha%2Fwp-content%2Fuploads%2F2021%2F05%2FDPDOT-GADPR-POMASQUI_05_mayo_completo-min.pdf&chunk=true).

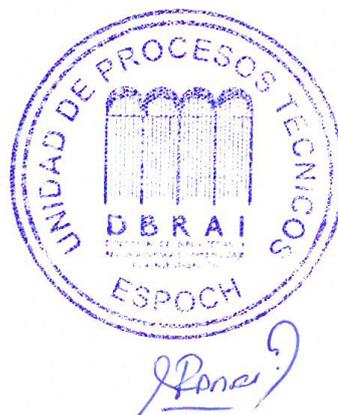
**TORRES, M.** Conflictos en el ecosistema manglar de la costa del Ecuador. [en línea], pp. 68. 2019. Disponible en: <http://sipae.com/wp-content/uploads/2018/06/D-Conflictos-en-el-ecosistema-manglar-de-la-costa-del-Ecuador.pdf>.

**TRISTAN, P.M., WAINSCHEKER, R.S. y DOORN, J.H.** Impacto de Factores Antrópicos en la de Erosión Costera de Necochea. , no. 7000, pp. 2-5. 2006.

**UCEDA, A.C., DABRIO, C.J., GOY, J.L., RIVAS, V., SALAS, L., SIERRA, J.P., VALDEMORO, H., LOSADA, I., MEDINA, R. y VILAS, F.** Impactos Sobre Las Zonas Costeras. MITECO [en línea], pp. 469-524. 2018. Disponible en: [https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/11\\_zonas\\_costeras\\_2\\_tcm30-178502.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/11_zonas_costeras_2_tcm30-178502.pdf).

**VERA, L., LUCERO, M. y MINDIOLA, M.** Caracterización Oceanográfica de la costa central ecuatoriana entre la Punta del Morro y Jaramillo, Ecuador. Acta Oceanográfica del Pacífico [en línea], vol. 15, no. 1, pp. 1-17. 2009. Disponible en: <http://www.inocar.mil.ec/web/index.php/publicaciones/category/17-acta-oceanografica-del-pacifico-vol-15-n-1-2009>.

**ZERTUCHE, V., BADI, J.I., GUILLEN, A. y ZEPEDA, M.S.A.** Causas e Impactos Socio-Económico y Ambientales de la Erosión Causes and Socio-Economic and Environmental Impacts of Erosion. International Journal of Good Conscience. Abril, vol. 10, no. 1, pp. 76-87. 2015.



## ANEXOS

### ANEXO A: COORDENADAS DE LAS ZONAS DE RIESGO

#### Coordenadas de ubicación de sectores con mayor riesgo en las 4 zonas

P	X	Y
1	538126,067	9732423,88
2	538327,525	9732236,96
3	544244,165	9726982,19
4	538554,199	9732033,86
5	538615,93	9731990,58
6	544133,784	9727082,27
7	544990,483	9726243,48
8	545100,02	9726151,32
9	546181,787	9725154,98

**ANEXO B: IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS PARROQUIA CHANDUY**

<b>IDENTIFICACIÓN DE UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS DENTRO DE LA PARROQUIA CHANDUY</b>					
<b>RELIEVE</b>	<b>UNIDAD GENÉTICA</b>	<b>DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA</b>	<b>DENOMINACIÓN GEOLÓGICA</b>	<b>ECOLOGÍA</b>	<b>EDAFOLOGÍA</b>
Cordillera Costera Chanduy - Playas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tectónico erosivo</li> <li>• Estructural</li> <li>• Denudativo</li> <li>• Depositional o acumulativo</li> </ul>	Conjunto homogéneo de areniscas de tamaños medios a gruesos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación, Cayo</li> <li>• Grupo Azúcar</li> <li>• Grupo Ancón</li> <li>• Miembro, Zapotal</li> <li>• Miembros, Dos Bocas</li> <li>• Depósitos, aluviales</li> <li>• Depósitos, coluvio, aluviales</li> <li>• Depósitos, coluviales</li> </ul>	Vegetación arbórea con bosques estacionales de tipo verde y semidecuidos a lo largo de su cordillera costera.	Suelos vérticos con poca profundidad y relación lítica.
Medio Aluvial	Depositional o acumulativo	Depósitos aluviales perteneciente a edad cuaternaria	Depósitos aluviales	Cultivos y pastos	Se caracteriza por tener diferentes porcentajes de humedad en el suelo.
Relieves Estructurales y colinados terciarios	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tectónico erosivo</li> <li>• Estructural</li> <li>• Marino y fluviomarino</li> <li>• Denudativo</li> <li>• Depositional o acumulativo</li> </ul>	Rocas Sedimentarias terciarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación, Cayo</li> <li>• Grupo Azúcar</li> <li>• Miembro, Zapotal</li> <li>• Miembro, Villingota</li> <li>• Miembro, Zapotal</li> <li>• Miembros Dos, Bocas</li> <li>• Grupo Ancón</li> </ul>	Bosque y vegetación secos de tipo deciduo sobre la zona costera baja.	Suelos arcillosos de tipo vértico

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación, Progreso</li> <li>• Miembro, Guayaquil</li> <li>• Formación, Piñón</li> <li>• Depósitos aluviales</li> <li>• Depósitos coluvio, aluviales</li> <li>• Depósitos coluviales</li> </ul>		
<p>Relieves</p> <p>Litorales</p> <p>Sedimentarios y FluvioMarinos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tectónico erosivo.</li> <li>• Tectónico marino</li> <li>• Marino y fluvio-marino</li> <li>• Depositional o acumulativo</li> <li>• Denudativo</li> </ul>	Rocas sedimentarias cuaternarias	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación Cayo</li> <li>• Miembro Guayaquil</li> <li>• Formación Tablazo</li> <li>• Miembro Dos Bocas</li> <li>• Depósitos Marinos</li> <li>• Depósitos aluviales</li> <li>• Depósitos coluvio aluviales</li> <li>• Depósitos coluviales</li> </ul>	Bosque deciduo seco y matorral seco en zona costera baja	Suelos arcillosos de tipo vértico

Fuente: Teran, 2020.

Realizado por: Acero, J, 2022.

## ANEXO C: TABLA DE RESULTADOS DE LA TASA DE REGRESIÓN LINEAL

Sección de la tabla de resultados de la Tasa de regresión lineal (LRR). Extraído del campo de atributos de la extensión DSAS. Los valores sombreados son indicadores de zonas erosionadas.

Zona 1			
Número de transecto	LRR (Metro/año)	Número de transecto	LRR (Metro/año)
1	-0,255537	14	1,438002
2	-0,255538	15	0,176333
3	-0,230394	16	1,230147
4	-0,297671	17	0,335112
5	-0,44567	18	0,480927
6	0,15767	19	-0,020905
7	-0,093708	20	-0,375413
8	-0,108634	21	-0,050438
9	0,487421	22	0,211876
10	0,898339	23	-1,464558
11	0,779452	24	0,111253
12	0,69157	25	0,44985
13	0,621904	26	0,445599

Fuente: ArcGis 10.4.1, 2022.

Realizado por: Acero, J, 2022.

Sección de la tabla de resultados de la Tasa de regresión lineal (LRR). Extraído del campo de atributos de la extensión DSAS. Los valores sombreados son indicadores de zonas erosionadas.

Zona 2			
Número de transecto	LRR (Metro/año)	Número de transecto	LRR (Metro/año)
27	0,554063	36	-2,667886
28	0,478564	37	-2,479954
29	-0,901265	38	-2,866666
30	-1,005286	39	-1,749729
31	-0,783737	40	-1,2565
32	-0,481752	41	-2,074277
33	-0,98984	42	-2,196686
34	-1,327904	43	-2,192216
35	-1,782152	44	-2,019608

Fuente: ArcGis 10.4.1, 2022.

Realizado por: Acero, J, 2022.

Tasa de regresión lineal (LRR). Extraído del campo de atributos de la extensión DSAS. Los valores sombreados son indicadores de zonas erosionadas.

Zona 3			
Número de transecto	LRR (Metro/año)	Número de transecto	LRR (Metro/año)
45	-2,117505	105	-2,242732
46	-2,174208	106	-2,644605
47	-2,002869	107	-2,343254
48	-1,97533	108	-2,308544
49	-2,025117	109	-1,822454
50	-1,836624	110	-1,342613
51	-1,801228	111	-1,379794
52	-1,739132	112	-1,173161
53	-2,222216	113	-1,096815
54	-2,702017	114	-0,886172
55	-2,481115	115	-1,099808
56	-2,55605	116	-1,155051
57	-2,764405	117	-0,750709
58	-2,518516	118	-1,563311
59	-2,148641	119	-1,300791
60	-2,173199	120	-1,280536
61	-2,060349	121	-1,840033
62	-2,30241	122	-1,384704
63	-2,057714	123	-1,810234
64	-1,925106	124	-1,934559
65	-2,151993	125	-1,94846
66	-1,873732	126	-1,505767
67	-2,031593	127	-1,803466
68	-1,534319	128	-1,99238
69	-2,172818	129	-2,015757
70	-1,913743	130	-1,89181
71	-1,75892	131	-1,955492
72	-1,781641	132	-1,516846
73	-1,742277	133	-1,471999
74	-2,106085	134	-1,466169
75	-1,914539	135	-1,505753
76	-1,61749	136	-1,539347
77	-1,760849	137	-1,682508
78	-1,826568	138	-1,790209
79	-2,199313	139	-1,868139
80	-2,22998	140	-1,907172
81	-2,05227	141	-2,072576
82	-2,402289	142	-1,98427
83	-2,103933	143	-2,427294
84	-2,522078	144	-3,185048
85	-3,021874	145	-3,830015
86	-2,435948	146	-4,491216

87	-2,526676	147	-4,779934
88	-2,679296	148	-4,358581
89	-2,716625	149	-3,241894
90	-2,771967	150	-2,709219
91	-2,475494	151	-2,457061
92	-2,622979	152	-2,58985
93	-2,636555	153	-2,428746
94	-2,812316	154	-2,820128
95	-2,289322	155	-3,064968
96	-2,269028	156	-3,16029
97	-2,673811	157	-3,644814
98	-2,248209	158	-4,338751
99	-1,667002	159	-3,709802
100	-1,535631	160	-2,966873
101	-1,948056	161	-2,639435
102	-2,001623	162	-2,450561
103	-2,188611	163	-2,494851
104	-2,448838	164	-2,49485

Fuente: ArcGis 10.4.1, 2022.

Realizado por: Acero, J, 2022.

Sección de la tabla de resultados de la Tasa de regresión lineal (LRR). Extraído del campo de atributos de la extensión DSAS. Los valores sombreados son indicadores de zonas erosionadas. (Solo contiene valores con erosión).

Zona 4			
Número de transecto	LRR (Metro/año)	Número de transecto	LRR (Metro/año)
1	-3,512824	269	-0,60204
2	-3,512825	270	-0,645358
3	-3,577394	271	-1,045279
4	-3,545841	272	-1,717665
5	-4,219533	273	-2,22547
6	-4,759082	274	-2,429967
7	-4,231775	275	-2,246861
8	-3,662149	276	-2,140546
9	-4,081442	277	-2,190903
10	-3,261242	278	-2,718019
11	-2,816667	279	-1,994533
12	-3,325461	280	-0,819838
13	-3,135602	281	-0,275024
14	-2,970769	283	-0,60686
15	-3,043284	284	-0,66616
16	-3,087009	293	-0,317804
17	-2,706486	294	-0,333483

18	-2,329161	295	-0,505948
19	-2,342597	296	-0,654724
20	-2,795486	297	-0,714287
21	-2,956262	298	-0,870366
22	-2,662715	299	-1,268305
23	-2,829124	300	-1,617612
24	-2,88329	301	-2,004655
25	-2,611008	302	-2,198767
26	-1,506474	303	-2,161503
27	-0,723814	304	-2,430185
28	-0,168461	305	-4,409966
29	-0,098699	306	-6,542075
30	-0,003962	307	-6,582195
32	-0,359609	308	-5,95416
33	-0,096048	309	-4,828934
34	0,30032	310	-3,569579
35	-0,484586	311	-3,198515
36	-0,674938	312	-4,330158
37	-0,266931	313	-4,838217
38	-0,125434	314	-3,674846
39	-0,352346	315	-2,192251
40	-0,639346	316	-1,202067
41	-0,457774	317	-0,749313
42	-0,379307	318	-0,448388
43	-0,752404	319	-0,296942
44	-0,662569	320	-0,247601
45	-0,307428	321	-0,446656
46	-0,208526	322	-0,31102
47	-0,288671	323	-0,03391
48	-0,155465	324	0,141985
49	-0,213705	325	-0,292657
50	-0,346653	326	-0,688183
51	-0,71846	327	-0,869354
52	-1,074004	328	-0,761532
53	-1,586372	329	-0,802296
54	-1,473175	330	-0,559987
55	-0,979967	331	-0,458321
56	-1,004511	332	-0,993191
57	-1,021754	333	-1,207262
58	-0,551588	334	-1,234604
59	-0,518143	335	-1,094116
60	-0,528635	336	-0,846323
61	-0,332314	337	-1,002581
62	-0,124845	338	-1,244228
63	-0,609989	339	-1,372965

64	-0,657244	340	-1,130394
65	-0,416323	341	-0,725279
66	-0,287383	342	-0,612326
67	-0,727894	343	-0,693774
68	-0,874632	344	-1,081343
69	-0,689735	345	-1,557401
70	-0,66768	346	-2,396534
71	-0,159949	347	-2,852913
72	-0,015956	348	-2,76827
73	-0,106096	349	-2,773294
74	-0,402825	350	-2,766278
75	-0,506268	351	-3,329919
76	-0,703758	352	-3,948709
77	-0,703472	353	-4,713766
78	-0,364588	354	-4,402105
79	-0,255656	355	-4,276346
80	-0,252636	356	-4,030724
81	-0,185275	357	-3,179574
82	-0,218681	358	-4,154088
83	-0,257661	359	-5,676021
84	-0,499148	360	-5,676019
85	-1,476735	361	-5,676011
86	-1,486439	362	-4,710106
87	-0,799958	363	-4,290663
88	-0,434453	364	-4,025516
89	-0,334977	365	-2,159575
90	-0,571669	366	-1,701115
91	-0,620711	367	-1,192766
92	-0,22427	368	-0,938844
93	-0,212547	369	-1,238241
106	-0,78157	370	-0,583893
107	-1,244671	371	-0,150795
108	-0,774804	376	-0,198733
109	-0,321592	377	-0,479021
110	-0,011255	378	-0,32321
113	-0,120099	379	-0,084954
115	-0,179503	380	-0,024138
116	-0,210035	382	-0,054315
117	-0,080165	383	-0,297806
121	-0,168069	384	-0,449806
122	-0,040112	385	-0,246105
123	-0,132734	386	-0,231566
124	-0,395223	387	-0,399809
126	-0,513619	388	-0,12723
127	-0,14935	389	-0,210923

128	-0,130829	390	-0,161899
130	-0,178396	392	-0,093195
131	-0,577971	393	-0,377601
132	-0,790337	394	-0,21096
133	-0,379077	399	-0,027232
166	-0,273112	405	-0,116156
167	-0,365973	406	-0,270563
168	-0,239313	407	-0,262818
169	-0,18229	411	-0,378217
170	-0,169327	412	-0,275268
171	-0,419884	413	-0,18274
172	-0,196417	414	-0,267922
196	-0,132663	415	-0,541891
199	-0,119085	416	-1,027372
200	-0,125916	417	-1,773239
201	-0,134273	418	-3,014548
202	-0,285012	419	-4,190055
203	-0,326237	420	-6,336335
204	-0,129592	421	-4,547121
205	-0,075522	422	-2,166342
206	-0,148146	423	-1,098884
207	-0,278443	424	-1,207267
208	-0,383399	425	-1,505867
209	-0,448292	426	-1,461688
210	-0,581219	427	-1,545865
211	-0,561054	428	-1,566584
212	-0,583396	429	-1,643754
213	-0,185063	430	-1,608215
214	-0,412353	431	-1,947608
215	-0,273174	432	-1,577443
216	-0,304469	433	-1,47022
217	-0,241181	434	-1,552426
218	-0,073521	435	-1,359305
235	-0,00581	436	-0,972721
236	-0,082496	437	-0,798287
237	-0,083633	438	-0,843115
238	-0,218394	439	-0,691668
239	-0,273877	440	-0,525357
240	-0,472745	441	-0,442698
241	-0,885056	442	-0,517468
242	-1,170373	443	-0,810516
243	-1,728081	444	-0,824413
244	-1,862595	445	-0,810438
245	-2,064344	446	-0,714117
246	-1,951606	447	-1,110219

247	-2,034995	448	-1,303654
248	-1,492865	449	-1,355757
249	-1,324982	450	-1,244272
250	-1,829155	451	-1,329777
251	-1,66597	452	-1,421058
252	-1,451639	453	-1,493893
253	-2,505864	454	-1,572921
254	-2,557285	455	-1,696218
255	-2,219527	456	-1,214485
256	-1,986411	457	-0,735353
257	-1,971014	458	-0,848342
258	-2,076441	459	-1,366501
259	-2,462993	460	-1,091661
260	-2,107918	461	-0,962476
261	-2,075912	462	-1,256991
262	-2,440466	463	-1,307811
263	-2,734243	464	-1,017836
264	-1,312221	465	-0,773328
265	-1,079138	466	-0,344564
266	-1,125789	467	-0,331232
267	-0,942579	468	-0,462918
268	-0,945292		

Fuente: ArcGis 10.4.1, 2022.

Realizado por: Acero, J, 2022.

#### ANEXO D: TABLA DE RESULTADOS DEL MOVIMIENTO NETO DE COSTA

Tabla de resultados del Movimiento Neto de Costa (NSM, por sus siglas en inglés), realizado mediante la extensión DSAS. Los valores negativos indican el retroceso de la línea de costa.

Zona 1			
Número de transecto	NSM (Metros)	Número de transecto	NSM (Metros)
1	-1,25664	14	16,331533
2	-3,383681	15	1,425991
3	-3,520443	16	13,563506
4	-4,596813	17	3,42858
5	-6,209986	18	5,376798
6	1,673365	19	-0,511475
7	-1,708004	20	-4,523157
8	-1,000902	21	-0,778489
9	5,608978	22	2,559513
10	10,688185	23	-17,675125
11	9,170928	24	1,262183
12	7,962866	25	5,619493

13	6,846462	26	5,230605
----	----------	----	----------

Fuente: ArcGis 10.4.1, 2022.

Realizado por: Acero, J, 2022.

Sección de la tabla de resultados del Movimiento Neto de Costa (NSM, por sus siglas en inglés), realizado mediante la extensión DSAS. Los valores negativos indican el retroceso de la línea de costa.

Zona 2			
Número de transecto	NSM (Metros)	Número de transecto	NSM (Metros)
27	6,50024	36	-32,110966
28	6,190967	37	-29,371353
29	-10,780668	38	-33,911984
30	-12,068108	39	-20,504617
31	-9,429639	40	-14,679398
32	-5,200109	41	-25,150295
33	-12,976277	42	-26,275504
34	-15,903348	43	-25,987844
35	-21,276748	44	-24,245757

Fuente: ArcGis 10.4.1, 2022.

Realizado por: Acero, J, 2022.

Sección de la tabla de resultados del Movimiento Neto de Costa (NSM, por sus siglas en inglés), realizado mediante la extensión DSAS. Los valores negativos indican el retroceso de la línea de costa.

Zona 3			
Número de transecto	NSM (Metros)	Número de transecto	NSM (Metros)
45	-25,364672	105	-27,122296
46	-25,914629	106	-31,88313
47	-23,862503	107	-28,129154
48	-23,626562	108	-27,679301
49	-24,577753	109	-22,056817
50	-22,182372	110	-16,107342
51	-21,697732	111	-16,657875
52	-20,628817	112	-14,194419
53	-26,6445	113	-12,84024
54	-32,665961	114	-10,319835
55	-29,903755	115	-12,90618
56	-30,7811	116	-13,451389
57	-33,173061	117	-8,586441
58	-30,131314	118	-18,491509
59	-25,705334	119	-14,781508
60	-26,134954	120	-14,784137

61	-24,656637	121	-22,35314
62	-27,612802	122	-16,850865
63	-24,707482	123	-22,079752
64	-23,112497	124	-23,967206
65	-25,326184	125	-24,575736
66	-22,202976	126	-18,879107
67	-24,002123	127	-22,847259
68	-18,140122	128	-25,333437
69	-26,10891	129	-25,915994
70	-22,74597	130	-24,668836
71	-21,169544	131	-25,519082
72	-21,180574	132	-20,471294
73	-20,480021	133	-20,330294
74	-24,859412	134	-20,607894
75	-22,917135	135	-20,586186
76	-19,191654	136	-20,674202
77	-20,896303	137	-22,630807
78	-21,509642	138	-23,909225
79	-26,458203	139	-25,399086
80	-26,644891	140	-25,73605
81	-24,660697	141	-27,33953
82	-28,676897	142	-26,2256
83	-25,45865	143	-31,791493
84	-30,356208	144	-40,732957
85	-36,346007	145	-48,705678
86	-29,012445	146	-56,142418
87	-30,289146	147	-59,267663
88	-32,002384	148	-53,396149
89	-32,393032	149	-39,207322
90	-33,269634	150	-32,546961
91	-29,611934	151	-29,384197
92	-31,155813	152	-30,983065
93	-31,348276	153	-28,845554
94	-33,46644	154	-33,386178
95	-27,214418	155	-36,33309
96	-26,987778	156	-37,334145
97	-31,867429	157	-43,105728
98	-26,555095	158	-51,347853
99	-19,708219	159	-43,443
100	-18,669475	160	-34,617026
101	-23,913906	161	-30,970048
102	-24,29364	162	-28,475683
103	-26,455127	163	-28,862401
104	-29,641312	164	-32,778049

Fuente: ArcGis 10.4.1, 2022.

Realizado por: Acero, J, 2022.

Sección de la tabla de resultados del Movimiento Neto de Costa (NSM, por sus siglas en inglés), realizado mediante la extensión DSAS. Los valores negativos indican el retroceso de la línea de costa (Solo contiene valores con retroceso).

<b>Zona 4</b>			
<b>Número de transecto</b>	<b>NSM (Metros)</b>	<b>Número de transecto</b>	<b>NSM (Metros)</b>
53	-0,55998	417	-1,697962
54	-0,9233	438	-2,220406
55	-0,087485	440	-1,630909
57	-0,538476	442	-2,630754
58	-0,878865	448	-0,52885
59	-2,542203	454	-0,996525
60	-2,418528	456	-0,183088
61	2,610443	460	-0,564352
62	3,480416	462	-1,530199
63	-0,556932	464	-1,539224
64	-1,840833	519	-1,829114
65	-4,753809	521	-8,172219
66	-4,252745	523	-9,798685
141	-0,340898	525	-10,763985
142	-0,384509	527	-11,120367
185	-1,14837	529	-4,136686
186	-0,83251	531	-0,973173
187	-2,630939	566	-4,249609
188	-2,578719	568	-8,79451
189	-3,750066	570	-10,714653
190	-3,751232	572	-10,784166
191	-4,371396	574	-12,140425
192	-4,358391	576	-13,741387
193	-2,278443	577	-13,420579
194	-2,255384	578	-12,754438
195	-2,985794	579	-12,825407
196	-3,000505	580	-14,472121
197	-5,302344	581	-14,384269
198	-5,311381	582	-10,72407
199	-8,150967	583	-10,667982
200	-8,063415	584	-11,232183
201	-9,827342	585	-11,03341
202	-9,646354	586	-10,301746
203	-7,513125	587	-10,266863
204	-7,669098	588	-9,85132
205	-5,092359	589	-9,344815
206	-4,29857	590	-8,539794
276	-0,000894	591	-8,767733

280	-0,595569	592	-7,107675
282	-4,745091	593	-6,868069
283	-4,247794	594	-3,376829
284	-13,896382	595	-3,255835
285	-13,978462	633	-0,229681
286	-11,548776	634	-0,056811
287	-10,93584	635	-2,540882
288	-12,473957	636	-2,611052
289	-11,579666	637	-2,229302
290	-8,962487	638	-2,33008
291	-8,708172	643	-2,340914
292	-8,142682	644	-2,257254
293	-7,865918	645	-4,135904
294	-0,764502	646	-4,189825
302	-2,399745	700	-0,230744
303	-2,28019	702	-0,781394
304	-2,212281	704	-3,980632
305	-1,835462	706	-2,921247
308	-2,617055	708	-4,752812
309	-3,24258	710	-1,525115
310	-1,322034	712	-1,912251
311	-0,872268	714	-1,347848
327	-0,177168	716	-0,504237
348	-0,138629	718	-5,384104
349	-0,224127	720	-3,053351
354	-3,235839	722	-1,159863
355	-3,578998	741	-2,375524
370	-0,366589	743	-1,156509
371	-0,916075	745	-2,355147
372	-0,561647	747	-1,211547
373	-0,984099	787	-2,024425
374	-2,892365	789	-2,315917
375	-3,384044	791	-1,614402
376	-3,468748	793	-5,914957
377	-3,381958	797	-1,616819
378	-3,297551	799	-2,424202
379	-3,047929	801	-2,270069
380	-0,573193	803	-4,853637
381	-0,52221	805	-3,418074
382	-0,49629	807	-0,531879
383	-1,515973	813	-4,785104
384	-4,283631	815	-4,395233
386	-2,016505	817	-1,157835
391	-2,24869	884	-2,143495
393	-1,927125	886	-1,150592

395	-2,344967	888	-2,599984
401	-0,900117	890	-0,580968
407	-0,980548	930	-2,452313
409	-0,118414	932	-2,105642
413	-0,609139	934	-2,596808
415	-1,575169	935	-5,712266

**Fuente:** ArcGis 10.4.1, 2022.

**Realizado por:** Acero, J, 2022.



**epoch**

**Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL**

**REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA**

**Fecha de entrega:** 23 / 01 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> JACKSON RENE ACERO ZHAO
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> CIENCIAS
<b>Carrera:</b> INGENIERÍA AMBIENTAL
<b>Título a optar:</b> INGENIERO AMBIENTAL
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> Lcdo. Holger Ramos, MSc.

2440-DBRA-UPT-2023

