

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Estudio del proceso erosivo en la zona comprendida entre La Chokolatera
y La Lobería, Salinas.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Oceanográfico

Presentado por:

Arcelia Haylem Portilla Diaz

Doménica Narcisa Coello Garnica

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2022

DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico a Dios por bendecirme y darme sabiduría. A mis padres José Portilla y Gladis Diaz por su apoyo incondicional durante mi vida, a mis 2 hermanos y 5 hermanas por darme ánimos y apoyar con mis estudios, a mi hijo Luka Federico por acompañarme en este proceso desde mi vientre.

A mi mejor amigo Rogger Carranza por su apoyo en mi etapa de estudiante, y a mis mejores amigas Elena Cortez, Wendy Montoya y Nicole Mantilla por sus consejos y ánimos.

A mis profesores de la carrera quienes fueron mis mentores y me aconsejaron en mi etapa de aprendizaje, y a cada una de las personas que fueron luz en mi camino hacia mi desarrollo profesional.

Arcelia Haylem Portilla Diaz

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por ser el pilar principal de cada meta que logro.

A mi madre Eva Garnica por ser mi inspiración, mi motor y mi guía en cada nueva meta que me propongo.

A mi Hermano Edgar Coello G. por siempre apoyarme y estar cuando lo necesito.

A mi padre Edgar Coello, a mis abuelas Carmen y Blanca, quien lamentablemente ya no está con nosotros; por creer en mi en cada etapa de mi vida.

Y a esa amiga que a pesar de los años sigue ahí siempre que estoy por caer; Marielen G.

Domenica Narcisa Coello Garnica

AGRADECIMIENTOS

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestro Tutor Msc. Iván Saltos y Cotutor Dr. Carlos Martillo por sus asesorías técnicas durante todo el proceso de elaboración de este proyecto.

A la Bióloga Beatriz Ladines de la REMACOPSE por su interés y colaboración en el desarrollo de este proyecto dentro del área de la reserva y por el préstamo del bote de su jurisdicción para la práctica de veleteo; al sr. Juan Carlos Yagual del GAD de Salinas por su apoyo y su acompañamiento.

Al grupo GEMAC y al Ing. Elvis Espinoza por su apoyo en el procesamiento de imágenes, a la Ing. Pamela Campi por su colaboración en las salidas de Campo.

A la señorita Doménica Campos y al sr. Eduardo Pizarro por su participación desinteresada en las mediciones durante la salida de campo, a la señorita Analía Intriago por su apoyo, y a los estudiantes del curso de ondas marinas y modelaje costero del semestre 2022-1S por su participación voluntaria en la toma de mediciones.

Domenica Coello & Arcelia Portilla

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Arcelia Portilla* y *Doménica Coello* y damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Arcelia Haylem Portilla
Díaz



Doménica Narcisa Coello
Garnica

EVALUADORES



Firmado electrónicamente por:
**LUIS MIGUEL
ALTAMIRANO
PEREZ**

Luis Miguel Altamirano Perez

PROFESOR DE LA MATERIA



Firmado electrónicamente por:
**IVAN MARCELO
SALTOS ANDRADE**

Iván Marcelo Saltos Andrade

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El presente proyecto se basa en la evaluación del proceso de erosión en la zona comprendida entre la Chocolatera y La Lobería, Salinas. Los deslizamientos de los acantilados y el retroceso de la línea de costa evidencian un problema para las actividades que se dan en el sitio como turismo y pérdida de área de la reserva. Esto preocupa tanto al GADM de Salinas y la REMACOPSE por los cambios abruptos de la pendiente de playa y el desgaste del material rocoso en los acantilados de la zona identificados durante pandemia por sus equipos técnicos.

Como parte de la metodología se utilizaron imágenes de satélites para un análisis multitemporal de la zona y determinar la tasa de erosión durante los años 2000 a 2019; así como la modelación del oleaje en un periodo de 10 años (2008 – 2018) utilizando datos de una boya virtual de WAVEWATCH III, para correlacionar dichos resultados e identificar las zonas donde evidencien retroceso de línea de costa y mayor concentración de energía de oleaje. Para validar los resultados se planificaron dos salidas de campo donde se midieron parámetros oceanográficos, perfiles de playa, velocidad de corriente, características oceanográficas para el tren de oleaje, y la identificación de sitios de socavamiento y deslizamientos en los afloramientos de los acantilados y se realizó la granulometría de cada una de las muestras de sedimentos recolectadas en el sitio.

De acuerdo con los resultados, la tasa de erosión para los 20 años seleccionados es de 1.05 m/año; a su vez, se realizó un cálculo por estacionalidad, los cuales son: 3.15 m/año en época húmeda y 0.68 m/año en época seca. Así mismo; se identificaron 20 puntos de socavamientos tipo cuevas en los acantilados de La Chocolatera y 7 puntos en La Lobería, coincidiendo con las áreas donde se distribuye la energía de oleaje obtenidos con el modelo. Por lo que se concluye que la zona estudio es altamente erosiva.

Palabras Clave: Erosión de acantilados, sensores remotos, MIKE Zero, Google Earth Engine.

ABSTRACT

This project aims the evaluation of the coastal erosion process between La Chocolatera and La Lobería, Salinas. Cliff landslides and coastline retreatment were observed as a problem for tourism activities that take place on it, and also, the loss of the natural reserve area. This worries both the GADM Salinas and REMACOPSE due to the rapid changes in the beach slope and the cliff erosion in the area which was identified during the pandemic by their technical teams.

The methodology considered a multitemporal analysis of the area using remote sensing to determine the erosion rate between 2000 to 2019, as well as wave modelling for 10 years period (2008-2018) using data from WAVEWATCH III, to correlate these results between the erosion zones with wave energy concentration. To validate the results, two field trips were made where oceanographic and geological parameters such as beach profiles, current speed, waves and cliff scour and landslide were measured, and also, sediment samples were collected and then made the granulometry analysis.

According to the results, the cliff erosion rate (20 years) was 1.05 m/year; observing different erosion rates by season such as 3.15 m/year in the wet season and 0.68 m/year in the dry season. Likewise; 20 cave-like undermining points were identified in the La Chocolatera cliffs and 7 points in La Lobería, coinciding with the high wave energy distribution obtained with the computational model. Therefore, it is concluded that the study area is highly erosive.

Key words: *Cliff erosion, remote sensing, MIKE Zero, Google Earth Engine*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	6
RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VII
SIMBOLOGÍA	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
CAPÍTULO 1.....	13
1. Introducción.....	13
1.1. Descripción del problema	13
1.2. Justificación del problema.....	14
1.3. Objetivos.....	14
1.3.1. Objetivo General	14
1.3.2. Objetivos Específicos.....	14
1.4. Marco Teórico.....	15
1.4.1. Erosión costera	15
1.4.2. Erosión en zonas de acantilados	15
1.4.3. Área de estudio.....	16
1.4.4. Geomorfología	18
1.4.5. Oleaje y tipo de Rompiente.....	21
1.4.6. Mareas y deriva litoral.....	21
1.4.7. Viento.....	21
1.4.8. Temperatura superficial del mar.	22

1.4.9.	Demografía	22
1.4.10.	Flora y Fauna.....	22
1.4.11.	imágenes satelitales	23
1.4.12.	Medidas de mitigación	23
1.4.12.1.	Revegetalizar las playas	23
1.4.13.2.	Manejo integrado de la zona costera	24
1.4.13.3.	Reutilización de material de dragado.....	24
1.4.13.4.	Remodelación de acantilados.....	25
1.4.13.5.	Protección y regeneración de corales.....	25
CAPÍTULO 2.....		26
2.	Metodología.....	26
2.1.	Descripción general	26
2.2.	Google Earth Engine.....	28
2.3.	Índice de diferencia normalizada de agua (NDWI).....	28
2.4.	Mediciones de campo	29
2.4.1.	Corrientes costeras.....	31
2.4.2.	Medición de viento.....	31
2.4.3.	Parámetros oceanográficos	32
2.4.4.	Características litorales.....	32
2.4.5.	Perfil de playa	33
2.4.6.	Acantilados	34
2.5.	MATLAB	35
2.6.	MIKE 21SW	36
2.7.	QGIS.....	36
2.8.	DSAS	37
2.9.	Calificación de alternativas	38
CAPÍTULO 3.....		40

3.	Resultados y análisis.....	40
3.1.	Resultados de mediciones de campo	40
3.1.1.	Veleteo.....	40
3.1.2.	Medición de viento	42
3.1.3.	Parámetros oceanográficos	42
3.1.4.	Características litorales.....	43
3.1.5.	Perfil de playa	43
3.1.6.	Identificación de acantilados y sitios de socavamientos	46
3.1.7.	Granulometría	50
3.1.8.	Identificación de rocas	51
3.2.	Resultados de MIKE 21SW	54
3.3.	Resultados DSAS	58
3.4.	Medidas de mitigación	64
3.5.	Análisis de Costos	64
CAPÍTULO 4.....		66
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	66
4.1.	Conclusiones	66
4.2.	Recomendaciones	68
BIBLIOGRAFÍA.....		69
APÉNDICES.....		75
APÉNDICE A: códigos de programación utilizados.....		76
6.1.1.	Código MATLAB (WAVEWATCH III)	76
6.1.2.	Código GEE	78
APÉNDICE B: Extracción de línea de costa mediante QGIS		80
APÉNDICE C: Resultados de DSAS		83
APÉNDICE D: Tipos de rocas halladas en el área de estudio.		89
APÉNDICE E: Granulometría del área de estudio		90

APÉNDICE F: Pendiente de playa	94
APÉNDICE G: Reuniones con el cliente	96
APÉNDICE H: Salida de Campo	97
APÉNDICE I: Datos de la Estación D.....	99
APÉNDICE J: Cálculo de mareas	100
APÉNDICE K: Encuesta para alternativas de mitigación	107

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
GADM	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal
IGM	Instituto Geográfico Militar
INOCAR	Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada
REMACOPSE	Reserva Marina de Producción de Fauna Marino Costera Puntilla de Santa Elena
UICN	Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza
NDWI	Índice de diferencia de agua normalizado
TIF	Formato de imágenes con etiquetas
NIR	Infrarrojo cercano
NOAA	La Oficina Nacional de Administración Oceánica y Atmosférica

SIMBOLOGÍA

mg	Miligramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
cm	Centímetro
kW	Kilowatts
UPS	Unidades prácticas de salinidad.
μS	MicroSiemens
s	Segundos
m/s	Metros sobre segundos
NO	Noroeste
SO	Suroeste
NE	Noreste
°C	Grados Celsius
μs/cm	MicroSiemens sobre centímetros
g/L	Gramos Litros
chl ug/l	Chlorofila Microgramo por mililitro

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Evolución cíclica del retroceso de acantilados por efecto de la fuerza de oleaje (FW). Fuente: Castedo, Paredes, Vega-Panizo, & Santos (2017).....	16
Figura 1.2 Ubicación del área de estudio. Fuente: Autoras, (2022).....	17
Figura 1.3 Mapa de Formaciones Geológicas de La Chocolatera y La Lobería. Fuente: Autoras, (2022). Información obtenida de: IGM, (1969)	20
Figura 1.4 Proceso de Revegetalización. Fuente: (Autoras, 2022). Información obtenida de: (Ley et al., 2007).....	24
Figura 2.1 Flujograma de la metodología del proyecto. Fuente: Autoras, (2022)	27
Figura 2.2 Visor de Google Earth Engine con el código para imágenes Landsat 7. Fuente: Autoras (2022).....	28
Figura 2.3 Visor de Google Earth Engine con el código para imágenes Landsat 7 con filtro NDWI. Fuente: Autoras (2022)	29
Figura 2.4 Ubicación de las estaciones de campo en La Chocolatera y La Lobería, Fuente: Autoras (2022).....	30
Figura 2.5 Siembra y cosecha de las veletas en la zona de estudio. Fuente: Autoras (2022)	31
Figura 2.6 Mediciones de viento. Fuente: Autoras (2022)	32
Figura 2.7 Medición de parámetros oceanográficos. Fuente: Autoras (2022)	32
Figura 2.8 Medición de características litorales. Fuente: Autoras (2022)	33
Figura 2.9 Medición de perfil por nivel de Abney. Fuente: Autoras (2022)	34
Figura 2.10 Medición de perfil por el método Andrade. Fuente: Autoras (2022)	34
Figura 2.11 Identificación de acantilados en La Chocolatera. Fuente: Autoras (2022)..	34
Figura 2.12 Entrada de Socavones en La Chocolatera, identificados durante la salida de campo. Fuente: Autoras (2022).....	34
Figura 2.13 Descarga de datos de WAVEWATCH III. Fuente Autoras (2022)	35
Figura 2.14 Línea de costa obtenidas. Fuente: Autoras (2022).....	37
Figura 2.15 Transectos calculados para la tasa de erosión de la época húmeda. Fuente: Autoras (2022).....	38
Figura 3.1 Mapa de medición de corriente realizado en La Chocolatera y La Lobería. Fuente: Autoras (2022).....	41
Figura 3.2 Perfil de playa, Estación 1: La Chocolatera. Fuente: Autoras (2022)	44
Figura 3.3 Perfil de playa, Estación 2: Mirador Tortuga. Fuente: Autoras (2022)	45

Figura 3.4 Perfil de playa, Estación 3: La Lobería. Fuente: Autoras (2022)	46
Figura 3.5 Mapa de acantilados de La Chocolatera y La Lobería. Fuente: Autoras (2022)	47
Figura 3.6 Mapa de socavamientos y derrumbes en La Chocolatera y La Lobería. Fuente: Autoras (2022).....	49
Figura 3.7 Mapa de rocas encontradas en el área de estudio. Fuente: Autoras (2022)	52
Figura 3.8 Distribución de la energía en la zona de estudio, modelo de MIKE 21SW. a) La Chocolatera. b) Mirador Tortuga. c) La Lobería. Fuente Autoras (2022).....	55
Figura 3.9 Altura Significativa obtenido del modelo de MIKE 21SW. a) La Chocolatera. b) La Lobería. Fuente: Autoras (2022).....	56
Figura 3.10 Periodo pico obtenido del modelo MIKE 21SW. a) La Chocolatera. b) La Lobería. Fuente: Autoras (2022).....	57
Figura 3.11 Energía del oleaje obtenido del modelo MIKE 21SW. Fuente Autoras (2022)	57
Figura 3.12 Líneas de perfil de costa de 2000 a 2019. a) Época húmeda: Diciembre a Mayo b) Época seca: Junio a Diciembre Fuente: Autoras (2022).....	60
Figura 3.13 Erosión Costera y su clasificación durante el periodo de 2000- 2019. a) tasa de cambio de la línea de costa b) clasificación del tipo de erosión Fuente: Autoras (2022)	61
Figura 3.14 Mapa de erosión; época húmeda. a) tasa de cambio de la línea de costa b) clasificación del tipo de erosión Fuente: Autoras (2022)	62
Figura 3.15 Mapa de erosión; época seca. a) tasa de cambio de la línea de costa b) clasificación del tipo de erosión Fuente: Autoras (2022)	63
Figura 6.1 Curva granulométrica, Estación 1: La Chocolatera. Fuente: Autoras (2022)	91
Figura 6.2 Curva granulométrica, Estación 2: Mirador Tortuga. Fuente: Autoras (2022)	92
Figura 6.3 Curva granulométrica, Estación 3: La Lobería. Fuente: Autoras (2022).....	93
Figura 6.4 Pendiente de playa, Estación 1: La Chocolatera. Fuente: Autoras (2022) ...	94
Figura 6.5 Pendiente de playa, Estación 2: Mirador Tortuga. Fuente: Autoras (2022) ..	94
Figura 6.6 Pendiente de playa, Estación 3: La Lobería. Fuente: Autoras (2022)	95
Figura 6.7 Reuniones vía Zoom con el Sr. Juan Carlos Yagual y miembros del GAD de Salinas.....	96

Figura 6.8 Fotografías del acantilado de La Chocolatera, 16/07/2022. Fuente: Autoras (2022)97

Figura 6.9 Fotografías de La Lobería, 23/07/2022. Fuente: Autoras (2022).....98

Figura 6.10 Resultados de encuesta realizada a expertos 107

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Ponderación de los parámetros que evalúan las alternativas de mitigación..	39
Tabla 3.1 Datos de medición de corriente en la zona de estudio. Fuente: Autoras (2022)	40
.....	40
Tabla 3.2 Datos de viento medidos en el bote. Fuente: Autores (2022)	42
Tabla 3.3 Datos del multiparámetro medidos en el bote. Fuente: Autoras (2022)	43
Tabla 3.4 Resultados del cálculo de Surf Similarity. Fuente: Autoras (2022)	43
Tabla 3.5 Valores de pendiente calculados	44
Tabla 3.6 Datos de los desprendimientos de los acantilados identificados en la zona de	50
.....	50
Tabla 3.7 Resultados del diámetro D50 de los sedimentos	50
Tabla 3.8 Tasas de cambio de la línea de costa obtenidos en DSAS.	58
Tabla 3.9 Matriz de decisión de alternativas de mitigación	64
Tabla 3.10 Listado de costos	64
Tabla 6.1 Resultados DSAS Época Húmeda. Fuente: Autoras (2022)	83
Tabla 6.2 Resultados DSAS Época seca. Fuente: Autoras (2022)	86
Tabla 6.3 Rocas halladas en el área de estudio. Fuente: Autoras (2022)	89
Tabla 6.4 Granulometría por tamizaje. Fuente: (Autoras, 2022)	90
Tabla 6.5 Datos medidos en la estación D, La Lobería, Salinas. Fuente: Franklin Ormaza (2022)	99
Tabla 6.6 Cálculo de marea entre los años 2003 y 2022	100

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

La línea de costa en playas del cantón Salinas, como San Lorenzo, han registrado desde hace 8 años evidencias de su retroceso, causando inconformidad entre los habitantes y turistas quienes se han visto afectados por inundaciones causados por oleajes fuertes, agujajes, y el fenómeno El Niño (EL UNIVERSO 2014). Estudios realizados por, Armijos & Gutiérrez (2021), desde La Puntilla hasta Posorja en 2021 evidencian procesos costeros de erosión con valores de retroceso de línea de costa que según su análisis de tasa de erosión para la zona comprendida entre La Chokolatera y La Lobería evidencian tasas máximas de 3.99 m/año para la playa de Mar Bravo. Por otra parte, según el índice de susceptibilidad costera aplicando el método de Gornitz muestran que el 25.5% de la línea de costa es de muy alta susceptibilidad, por lo que las Zonas de La Chokolatera y La Lobería por sus características geológicas y oceanográficas se las considera de la misma forma, y por ende manifiesta procesos de muy alta erosión.

1.1. Descripción del problema

En el Ecuador varias zonas costeras son afectadas por problemas de erosión (Jon et. al, 1994), en donde se han perdido áreas de playa por procesos naturales y por actividad antropogénica. Esta situación preocupa a las autoridades locales y por ello considera importante realizar estudios en donde se pueda comprender esta amenaza y proponer medidas de mitigación. De acuerdo con Secretaría Técnica Planifica Ecuador (2020) la amenaza por erosión costera es significativa y continúa dado a la dinámica litoral y a las características de la costa y se intensifica aún más cuando existe una intervención dado a la acción humana como asentamientos en zonas cercanas a la playa o sobre acantilados costeros siendo vulnerables a deslizamientos, socavones e inundaciones. En el área comprendida entre La Chokolatera y La Lobería del cantón Salinas, se tiene una morfología entre acantilados rocosos y playa de arena, pero se desconoce la tasa de erosión de la zona en el periodo de 2000-2019 de forma específica.

1.2. Justificación del problema

En el Ecuador existe una necesidad de estudiar la erosión costera y de caracterizar puntos de interés geológico para un correcto manejo de zonas costeras; según Cortez (2010), la Península de Santa Elena posee espectaculares paisajes, geoformas y geo recursos que han sido explotados para el turismo. Con el presente estudio se pretende determinar la tasa de erosión en la zona comprendida entre La Chocolatera y La Lobería, mediante el uso de sensores remotos y aplicando un modelo computacional para zonificar las áreas de mayor concentración de energía de oleaje, pretendiendo analizar la relación entre estos dos aspectos y poder proponer medidas conceptuales de mitigación frente a la erosión.

Pese a la limitada información de campo levantada y la falta de monitoreos costeros periódicos en toda el área de interés, es de motivación para aplicar metodologías de evaluación de la erosión cuyos resultados son un beneficio para la población del Cantón Salinas, para el GADM y para la REMACOPSE, por el ingreso económico que representa dado al desarrollo turístico y al ser una zona de reserva.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar el retroceso de la línea de costa a través de sensores remotos y modelos computacionales entre la zona de La Chocolatera y La Lobería en Salinas para el planteamiento de alternativas conceptuales de mitigación.

1.3.2. Objetivos Específicos

1. Determinar el retroceso de la línea de costa mediante el uso de sensores remotos.
2. Zonificar la distribución de la energía del oleaje en la zona de estudio por medio de modelos computacionales.
3. Comparar la relación existente entre la distribución de la energía del oleaje y el retroceso de la línea de costa.
4. Describir las alternativas sostenibles para la mitigación de los procesos erosivos en la zona de estudio.

1.4. Marco teórico

1.4.1. Erosión costera

La erosión costera es un proceso natural que, por acción de varios factores como el oleaje, el aumento del nivel del mar, precipitaciones y viento exista un desprendimiento de rocas en zonas de acantilados y pérdidas de sedimento en zonas de playa, alterando su perfil (Prasetya, 2007). Algunas zonas costeras son afectadas por tormentas y fenómenos naturales que causan erosión (Osorio, 2020), si se considera una combinación de oleaje de tormenta y marea alta y una tormenta da lugar a efectos más dañinos.

1.4.2. Erosión en zonas de acantilados

En los acantilados costeros la forma en cómo se erosionan por acción de oleaje se da mediante socavaciones debajo de la línea de agua, a medida que pasa el tiempo esto provoca un colapso del material por encima de la socavación y el retroceso de la cima del acantilado (Castedo et al., 2017). Esto depende de la composición de la roca que forma el acantilado y de la topografía costera pues hay otros casos en donde se formen cuevas, arcos y farallones (Barión, 2020) En áreas donde la formación del acantilado es arena compactada o roca blanda, se pueden erosionar un metro o más cada año, existen otros casos donde la erosión es más gradual y puede ser más significativo durante un periodo de varios años (Castedo et al., 2017). La evolución cíclica del perfil de un acantilado se debe a las fuerzas de las olas que impactan en la base del acantilado generando erosión y retroceso. En la Figura 1.1 se muestra como la fuerza del oleaje (FW) es mayor que la fuerza de resistencia de la roca (FR) lo que produce la inestabilidad repentina y pérdida masiva generando recesión de la cara del acantilado (Castedo et al., 2017).

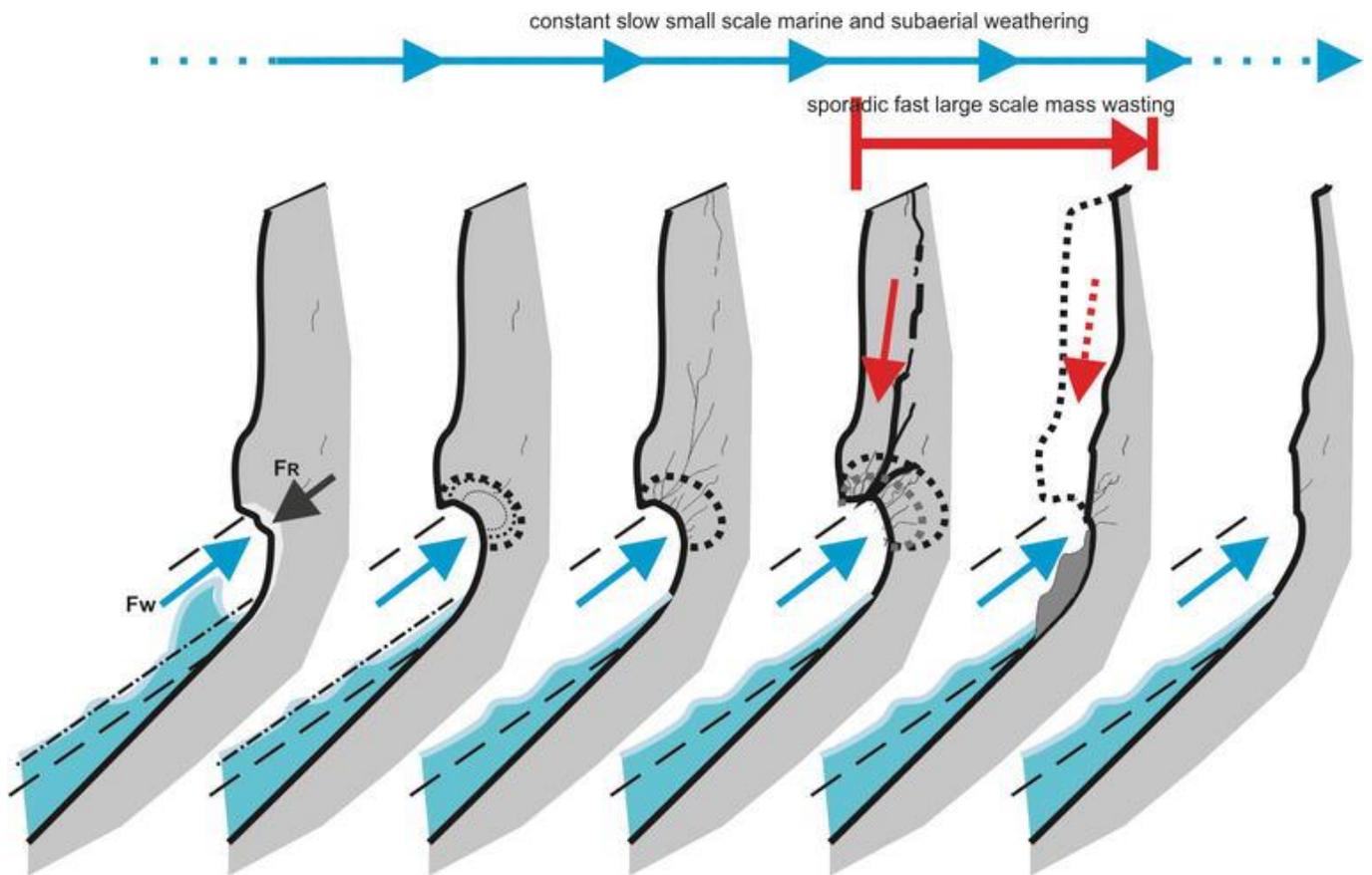
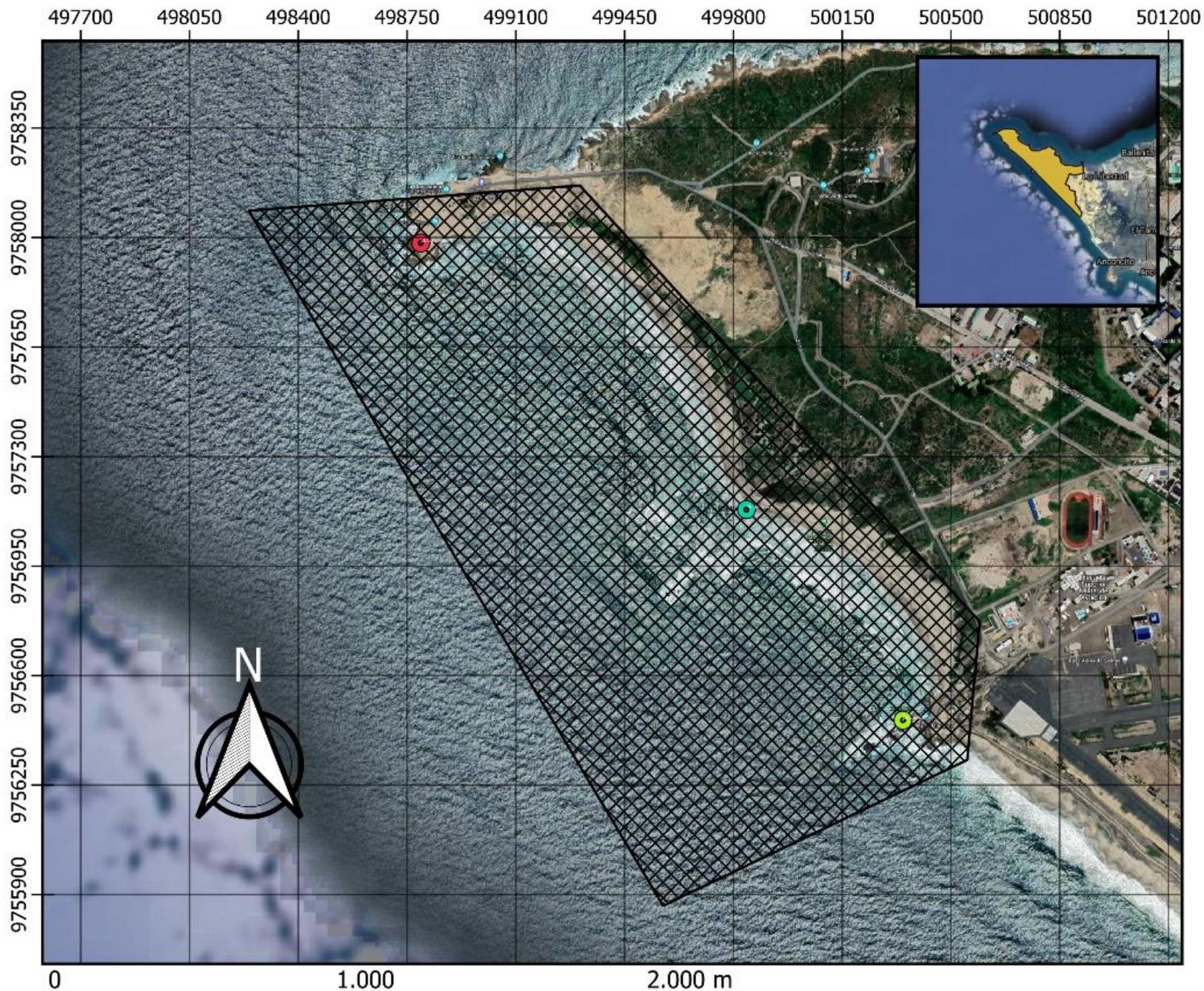


Figura 1.1 Evolución cíclica del retroceso de acantilados por efecto de la fuerza de oleaje (FW). Fuente: Castedo, Paredes, Vega-Panizo, & Santos (2017)

1.4.3. Área de estudio

Para el cálculo de las tasas de erosión costera se delimitó el área de estudio a una extensión de aproximadamente 1.5 km de longitud, tomando como referencia el acantilado de La Chocolatera hasta el acantilado de La Lobería (Figura 1.2).



Mapa del Área de Estudio

Elaborado por:
Domenica Coella
Arcelia Portilla

Leyenda

Sitios de Estudio

- La Chocolatera
- La Lobería
- Punta Brava
- Area de Estudio
- Cantón Salinas

Google Hybrid

Figura 1.2 Ubicación del área de estudio. Fuente: Autoras, (2022)

La Puntilla de Santa Elena es considerada una zona dinámica tanto en características meteorológicas, geológicas y oceanográficas. De acuerdo con Vera (2009), la línea de costa comprendida entre la Punta El Morro y la Puntilla de Santa Elena esta alineada en dirección Noroeste y Sureste por lo que las olas que provienen del Pacífico Sur entran de forma perpendicular con dirección suroeste, por lo que se considera que se concentra energía y exista un transporte de sedimentos considerable. De acuerdo con sus características es atractiva para actividades como el surf. Algunos de los estudios realizados en varias zonas costeras del Ecuador, indicaron que en el área de estudio se encuentran las olas con valores más altos de altura significativa (Vera et al., 2009).

1.4.4. Geomorfología

La Chocolatera es la segunda punta más sobresaliente de Sudamérica (Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, 2014). Está ubicado en la provincia de Santa Elena, dentro de la base de Salinas, además es considerado uno de los puntos más turísticos del cantón. Particularmente en esta zona existe un punto de encuentro de dos corrientes marinas que producen un choque de olas contra las rocas (Viajando, 2008).

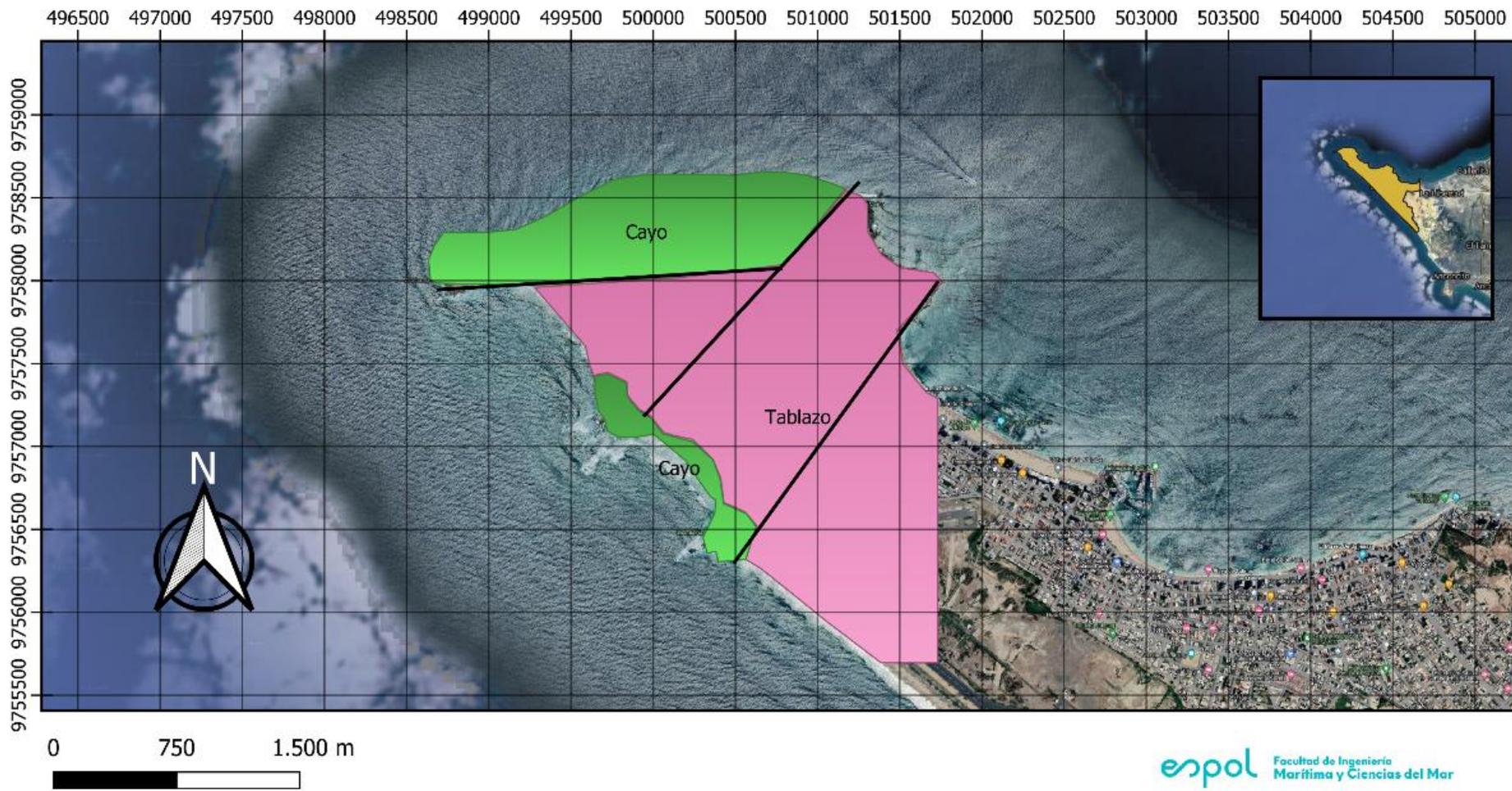
La costa es muy irregular, los acantilados son verticales, bajos e inestables, que se originaron de un sistema de barrera levantada conformando la planicie litoral formado de areniscas cementadas con carbonato, lutitas y arcillas (IGM, 1969). En otros sectores aparecen acantilados de menos de 10 metros de altura (Falcones, et al., 2020). Por la fuerza del flujo de agua subterránea se evidencian colapsos en los acantilados, por lo que las salientes rocosas son muy notorias, estas rocas resistentes se prolongan hacia el mar, formando el sustrato rocoso de las plataformas de erosión (Soledispa, 2008).

De acuerdo con la litología y estratigrafía de la zona de acantilados de La Chocolatera y La Lobería (IGM, 1969), se puede organizar según las siguientes unidades:

- Formación Tablazo (Pleistoceno), varía de alturas de 2 a 10 m para la zona de La Chocolatera. En los lugares donde aflora se observa un ligero buzamiento y se afirma que se trata de un solo nivel de formación que se encuentra moldeando las estructuras antiguas a alturas variables por estar afectado por la tectónica de fallas cuaternarias. Litológicamente está compuesto de areniscas, calcáreas y conglomerados finos conteniendo abundantes megafósiles comunes. El espesor máximo es de 40 metros.

- Formación Cayo (Cretáceo Superior), esta formación se presenta como grauvacas y areniscas medias a gruesas en bancos métricos, así como capas decimétricas de arcillas verdes a gris silicificadas. La parte detrítica de la formación proviene de la destrucción del complejo ígneo basal o de las coladas sincrónicas de la sedimentación de la Cayo. Se piensa que hay más de 2600 m de espesor en profundidad.

La geomorfología es muy irregular en la zona de Ballenita hasta La Chocolatera, ya que existen grandes acantilados que son bajos, verticales y muy inestables lo cual en algunos sectores ha llevado a la destrucción de algunas viviendas (Programa de Desarrollo de la Península de Santa Elena, 2004).



espol Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

Leyenda

- Fallas Geológicas
- Formaciones Geológicas
- Areniscas, conglomerados, bancos calcáreos
- Areniscas, grauvacas, chert, elementos volcanicos con matriz arcillosa
- Cantón Salinas

Google Hybrid

Mapa Geológico de la zona entre La Chocolatera y La Lobería, Salinas.

Elaborado por:
Domenica Coella
Arcelia Portilla

Figura 1.3 Mapa de Formaciones Geológicas de La Chocolatera y La Lobería. Fuente: Autoras, (2022). Información obtenida de: IGM, (1969)

1.4.5. Oleaje y tipo de Rompiente

El estudio del oleaje es importante para la navegación, construcción de obras portuarias y otras actividades de ingeniería, por ello, el INOCAR ha determinado varios valores a lo largo de la costa ecuatoriana. Entre Ancón y la Puntilla de Santa Elena para la zona de Mar Bravo la altura significativa (H_s) es de 1.92 m, la altura máxima (H_{max}) es 2.43 m, la dirección dominante del Suroeste (SW), y el periodo (T) medio de 13 segundos (Vera et al., 2009). Los tipos de rompiente en Salinas son plunging; estas, son olas que se sumergen y rompen cuando el fondo del océano es empinado.

1.4.6. Mareas y Deriva litoral

En el Ecuador el tipo de marea es semidiurna por lo cual se registran dos pleamares y dos bajamares cada día, en costas abiertas con rangos menores a 3 m, pero en zonas estuarinas alcanza valores de 4.5 m (Ayón, 1988). En cuanto al aumento del nivel del mar, Gutiérrez & Armijos (2021), estimaron un cambio de 1.22 mm/año categorizado con susceptibilidad moderada. Las corrientes son influenciadas por el viento, marea y la batimetría de cada playa. La corriente superficial es mayor durante sicigia para la zona entre la Puntilla y Playas (Chavarría & Asociados, 2010). Prevalecen hacia el norte, y la velocidad media registrada para las provincias de El Oro, Guayas y Manabí es de 0.26 m/s (Ayón, 1988). La deriva litoral refleja comportamientos estacionales con similitud a los de las corrientes oceánicas, esta se dirige al norte durante época seca y al sur durante época húmeda, por lo que las tendencias coinciden con los procesos de acreción y erosión, siendo un transporte litoral costa adentro en estiaje con perfiles de playa de verano y también un transporte costa afuera durante la estación lluviosa de El Niño con perfiles de playa de invierno respectivamente (Ayón, 1988).

1.4.7. Viento

El viento es uno de los parámetros más importantes en la meteorología, el cual se considera un movimiento circular y direccional del aire proveniente de la atmosfera terrestre (Meteoblue, 2015). El centro de alta presión del pacifico sur genera frente a las costas ecuatorianas flujos de viento predominante del sur con componentes oeste. Los vientos en las estaciones costeras ecuatorianas tienen un patrón estacional marcado de tal forma que durante época húmeda los vientos provenientes del sur se debilitan

mientras que durante época seca se incrementan. En Salinas la tendencia del viento es de Oeste con magnitudes de 12m/s (Chavarría & Asociados, 2010).

1.4.8. Temperatura Superficial del Mar.

La temperatura superficial del mar (TSM) varía tanto en masas verticales como en la superficie horizontal (Martínez, 2003). Las masas de agua frente a las costas del Ecuador están influenciadas por la variabilidad climática térmica en diferentes escalas de tiempo y espacio lo que influye en la producción pesquera (Chavarría & Asociados, 2010). Durante los meses de enero a abril la TSM promedio es superior a 25°C, mientras que durante los meses de julio a noviembre es inferior a 23°C (Weather Spark, 2022).

1.4.9. Demografía

La población del cantón Salinas es de 34 789 habitantes en una superficie de 25.5 km² con una densidad poblacional de 1 364.27 hab/km² según el censo de 2010. Desde el punto de vista de la ocupación de territorio, se tiene un alto contenido de espacios rurales, sin embargo, es menos al total de la población que habita en zonas urbanas (GADM Salinas, 2014).

1.4.10. Flora y Fauna

Dentro del área de la REMACOPSE está la zona de La Chocolatera y La Lobería donde se encuentra una gran biodiversidad de especies marino-costeras como tortugas, lobos marinos, crustáceos, peces, aves, macroinvertebrados, entre otros, que están distribuidos en este ecosistema, se ha logrado identificar 16 especies de mamíferos marinos, 160 especies de aves, 22 especies de macroinvertebrados, 75 organismos sésiles y 86 especies de peces. Los lobos marinos son un atractivo de la zona y se han registrado dos especies, el lobo fino de dos pelos de las islas Galápagos y el lobo sudamericano. En cuanto a la flora, se han identificado 28 especies nativas del Ecuador, y 3 especies introducidas; según registros de la reserva, no tienen especies de flora con categoría de amenaza acorde a la UICN (Ministerio del Ambiente, 2020).

1.4.11. Imágenes Satelitales

1.4.11.1. Landsat 7

La misión Landsat 7 proporciona imágenes del espectro visible e infrarroja de alta calidad en áreas cercanas a la costa, actualizando continuamente una base de datos (Landsat Missions, 2019). Las características principales incluyen una banda pancromática con una resolución espacial de 15 metros, un calibrador solar de apertura completa integrado, una calibración radiométrica absoluta del 5% y un canal infrarrojo térmico con una mejora de cuatro veces en la resolución espacial sobre Thematic Mapper (Landsat Missions, 2022).

1.4.11.2. Landsat 8

Consta de dos sensores: OLI (Operational Land Image) y TIRS (Thermal InfraRed Sensor), estos dos brindan cobertura estacional de la masa terrestre global con una resolución espacial de 30 metros (visible, NIR, SWIR); 100 metros (térmico) y 15 metros (pancromática) (ESA, 2013).

1.4.11.3. Sentinel 2

La misión Sentinel se basa en una constelación de dos satélites idénticos en la misma órbita separados por 180° para mayor cobertura y descargar datos de forma óptima, estos orbitan cada cinco días abarcando todas las superficies terrestres, tiene cámara multispectral de alta resolución con 13 bandas. Fue lanzada el 23 de junio de 2015 como parte del programa Copernicus de la Comisión Europea (ESA, 2015).

1.4.12. Medidas de mitigación

1.4.12.1. Revegetalizar las playas

Se necesita estabilizar la zona y establecer el área en donde se realizará las plantaciones, posterior a esto se escogen las especies de plantas las cuales van a ser aptas para crecer y revegetalizar la zona. Este proceso es muy lento en obtener resultados por lo que en muchas ocasiones estas áreas tienden a erosionarse antes de que la vegetación cumpla su función principal; por lo que la mejor opción es realizar esta alternativa de manera artificial, para así cubrir la zona antes de los procesos antropogénicos. (Ley et al., 2007).



Figura 1.4 Proceso de Revegetalización. Fuente: (Autoras, 2022). Información obtenida de: (Ley et al., 2007).

1.4.13.2. Manejo integrado de la zona costera

El manejo integrado tiene como objetivo la gestión de los recursos costeros de la zona establecida, además de involucrar a la población en cada una de las actividades; para esto se trata de capacitar a la ciudadanía en cada una de las actividades tanto económicas, del ecosistema, social, y ciencias. (Blázquez & Díaz, 2006). Mediante un correcto manejo costero integrado se puede identificar las zonas vulnerables a la erosión y poder así implementar planes de mitigación y posterior recuperación de la línea de costa, al igual que en las zonas de erosión moderada en las que las medidas de remediación tiene mayor eficiencia. (Marcominii & López, 2010)

1.4.13.3. Reutilización de material de dragado

Para su reutilización es necesario realizar procesos experimentales para analizar si el sedimento es apto para la zona donde se planea depositar. Este proceso cuenta de varias etapas, la primera etapa consta de un análisis químico y mineralógico; posterior a esto se realiza un análisis granulométrico para identificar el tipo de sedimento y verificar su compatibilidad con el sedimento de la zona; una vez comprobada la compatibilidad y

la ausencia de contaminantes se procede a depositar el material en formas de dunas en el área. (Rozas et al., 2018).

Debido a que el área de estudio se encuentra dentro de una zona de reserva existen leyes y normativas que delimitan la entrada de embarcaciones a la zona; con respecto a La Chocolatera dichas embarcaciones pueden navegar a más de 500 metros de distancia desde La Puntilla (Ministerio del Ambiente, 2020); Sin embargo, para definir los sitios de depósito de material dragado se debe conocer el tipo de transporte de sedimentos de la zona. En cuanto al acceso de las embarcaciones que transporten el material dragado estos podrían acceder hasta el veril de 10 metros.

1.4.13.4. Remodelación de acantilados

La remodelación de acantilados consiste en mejorar las condiciones iniciales de los mismos, evitando así que exista mayor posibilidad de derrumbes y socavamientos. El proceso consiste en seleccionar una cantera con los tipos de rocas aptas para la protección de los acantilados; con ello se realiza un diseño costero del acantilado identificando así las zonas de mayor energía de oleaje donde existe una erosión muy alta, posteriormente se ubican las rocas de manera idónea en el área identificada. (LA DRAGAGGI s.r.l., 2021) Con esto se logra proteger no solo la zona de los acantilados sino también la seguridad de los turistas que visitan la zona.

1.4.13.5. Protección y regeneración de corales

En algunos países existen un plan de regeneración de corales en los cuales se cultivan micro fragmentos en aguas someras. Luego de un año, una vez los corales se encuentren en condiciones aptas para sobrevivir se las trasplantan en áreas permanentes del océano (ONU Desarrollo, 2019). Existen diferentes tipologías de arrecifes de coral; el tipo apto para el área de estudio son los de protección costera los cuales tienen como función proteger la línea de costa de efectos como la erosión costera, sin embargo; la ubicación de estos diques puede causar alteraciones en la columna de agua (Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente, 2008). La ubicación de los arrecifes artificiales no debe de afectar la navegación marítima de la zona; por lo tanto, de acuerdo con el área de estudio lo ideal sería ubicar la barrera de coral cerca del veril 10 a aproximadamente 500 metros de distancia de la Chocolatera.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

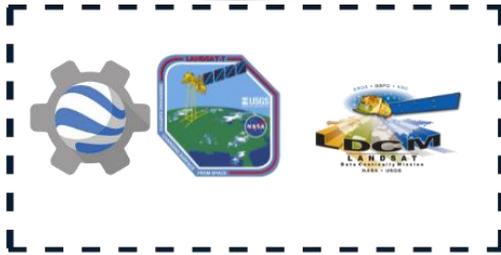
2.1. Descripción general

El presente proyecto se basó en las metodologías de proyectos integradores anteriores como Armijos & Gutiérrez, (2021) y Vargas (2021). Se realizó la búsqueda y descarga de imágenes satelitales disponibles para la zona de interés utilizando Google Earth Engine. Posteriormente, se aplicó el índice NDWI y utilizando el software Quantum GIS, se utilizó la herramienta *raster* para realizar la extracción de la línea del borde costero de La Puntilla de Salinas.

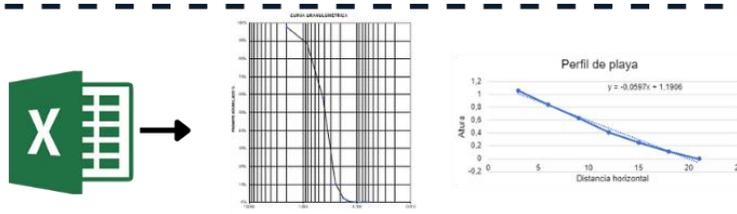
También se realizó una transformación del oleaje desde aguas profundas a someras utilizando MIKE 21SW, para lo cual se recopilaron datos de WAVEWATCH III (NOAA) que fueron ingresados en el módulo y los resultados del modelo fueron comparados (calibrados) con mediciones en campo. Como resultado, se desarrolló una metodología que distingue 5 pasos principales: 1) selección de variables para el estudio de erosión costera, 2) recopilación de información satelital disponible, 3) procesamiento de la información, 4) validación de información y 5) análisis de resultados con enfoque para plantear (conceptualmente) medidas de mitigación (Figura 2.1).

1 Selección de variables

2 Recopilación de información



3 Procesamiento de información



4 Validación de información



5 Análisis de resultados



Alternativas de mitigación

Figura 2.1 Flujo de la metodología del proyecto. Fuente: Autoras, (2022)

2.2. Google Earth Engine

Para obtener las imágenes satelitales históricas se utilizó la plataforma de Google Earth Engine, la que permite ingresar códigos de programación en lenguaje JAVA y acceder a los repositorios conectados en la red de las diferentes misiones satelitales, se programó de tal forma que se busque las imágenes por año, con un filtro de nubosidad menor al 20%, y se exporte en un archivo CSV y poder realizar un inventario de la información básica de cada satélite y poder descargar cada una en formato TIF georreferenciada (Apéndice A-6.1.2.).

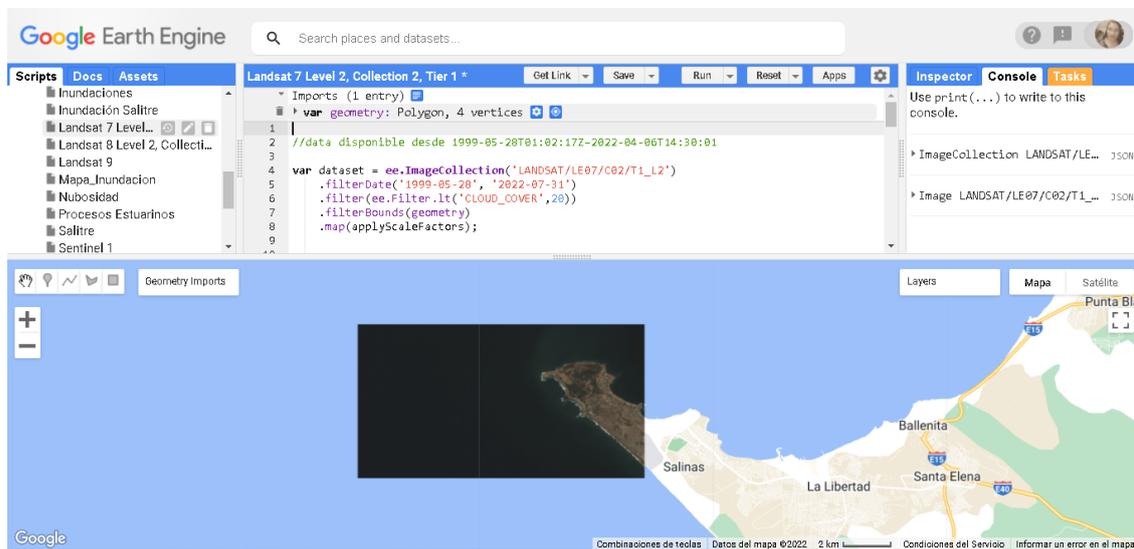


Figura 2.2 Visor de Google Earth Engine con el código para imágenes Landsat 7. Fuente: Autoras (2022)

2.3. Índice de diferencia normalizada de agua (NDWI)

Es un índice que se lo usa para definir y monitorizar los cambios de contenido de aguas superficiales, esto se calcula mediante una operación matemática entre las bandas del infrarrojo cercano (NIR) y la verde (G) de cualquier satélite EOS DATA ANALYTICS, (2022).

$$NDWI = (Green - NIR)/(Green + NIR) \quad (1)$$

$$NDWI_{L7} = (Banda 2 - Banda4)/(Banda 2 + Banda 4) \quad (2)$$

$$NDWI_{L8} = (Banda 3 - Banda5)/(Banda 3 + Banda 5) \quad (3)$$

$$NDWI_{S2} = (Banda 3 - Banda8)/(Banda 3 + Banda 8) \quad (4)$$

En el mismo código de programación se agregaron unas líneas para extraer las bandas NIR y Verde y que realice el cálculo de NDWI, y también se pueda exportar la imagen resultante con dicha combinación en formato TIF georreferenciada. Todas las imágenes descargadas se guardaron en una carpeta en el Drive personal que está conectado al correo de Gmail.

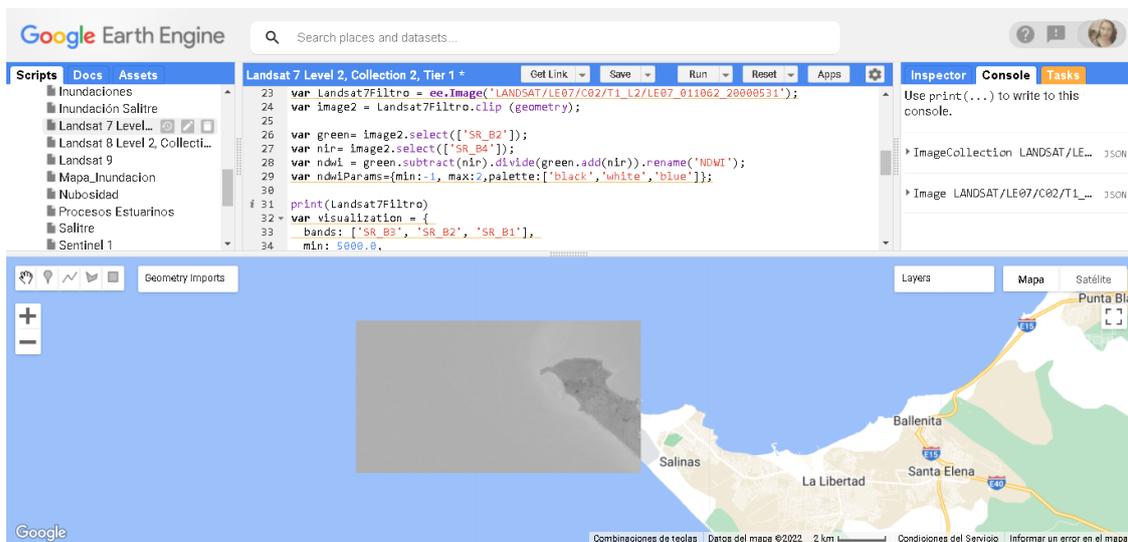
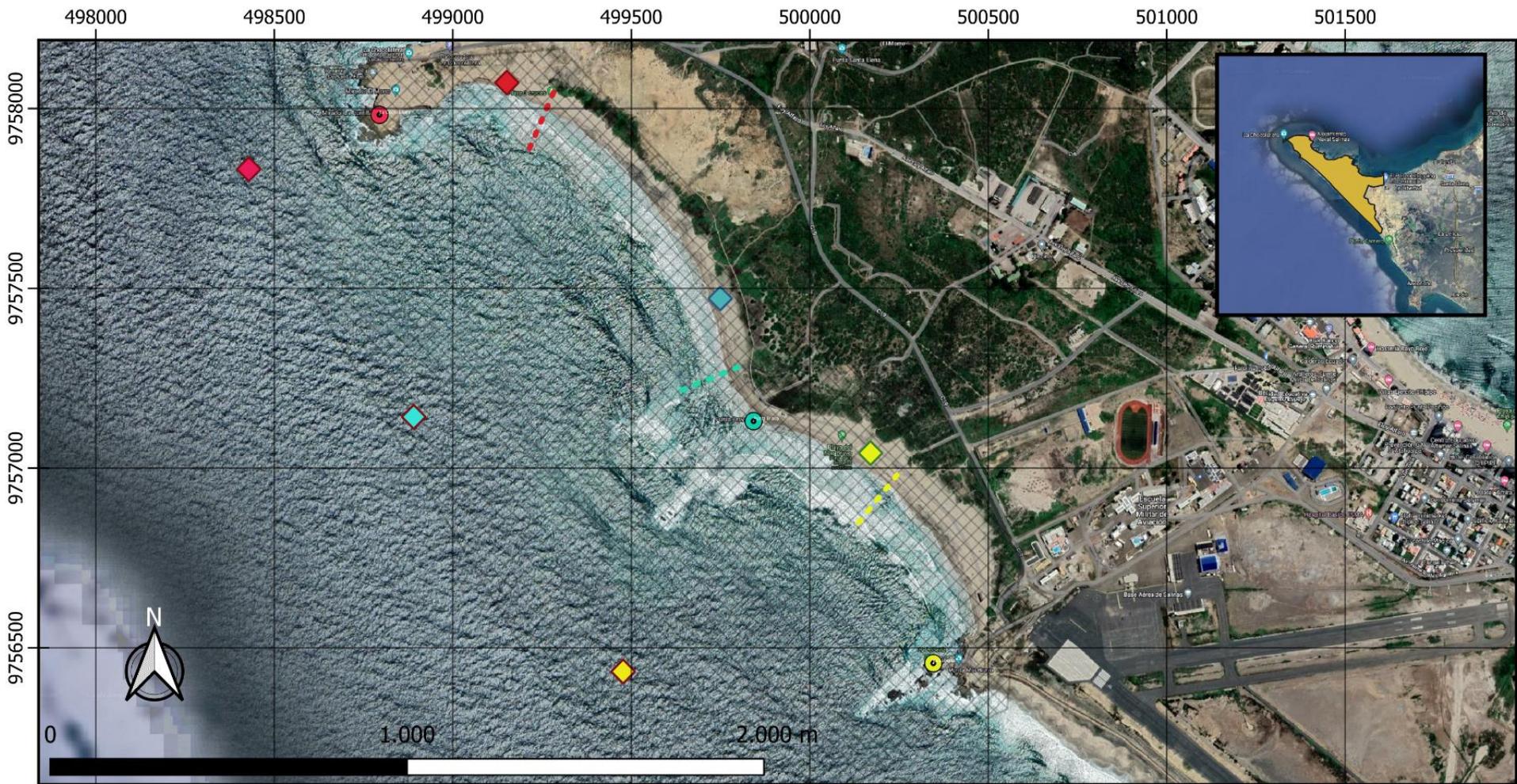


Figura 2.3 Visor de Google Earth Engine con el código para imágenes Landsat 7 con filtro NDWI. Fuente: Autoras (2022)

2.4. Mediciones de campo

Se planificaron dos salidas de campo para el 16 y 23 de julio de 2022, en donde se definieron 3 estaciones en tierra en las ensenadas de Mar Bravo y 4 estaciones en agua a la altura de las puntas de La Chocolatera, Mirador Tortuga y La Lobería, en donde se desplegó un equipo de voluntarios para realizar mediciones de características litorales, veleteo y perfiles de playa (Figura 2.4).



espol Facultad de Ingeniería
Marítima y Ciencias del Mar

Mapa de los Sitios de Muestreo
para Características Litorales,
Perfil de playa y Veleteo

Elaborado por:
Domenica Coella
Arcelia Portilla

Leyenda

Estaciones para Veleteo

◆ EV1

◆ EV2

◆ EV3

Estaciones en Playa

◆ E1

◆ E2

◆ E3

Transectos toma de Muestras Sedimento

--- Transecto 1

--- Transecto 2

--- Transecto 3

Sitios de Estudio

● La Chocollatera

● Punta Brava

● La Lobería

▨ Area de Estudio

■ Cantón Salinas

Google Hybrid

Figura 2.4 Ubicación de las estaciones de campo en La Chocollatera y La Lobería, Fuente: Autoras (2022)

2.4.1. Corrientes costeras

Para el estudio de corrientes costeras se utiliza el método Lagrangiano (veleteo) que consta de un equipo capaz de seguir la trayectoria de dichas corrientes (Chacón & Hernández, 2009). Para realizar las mediciones se escogieron 3 estaciones las cuales se ubicaron frente a las zonas de La Chocolatera, Mirador Tortuga y La Lobería. En la embarcación utilizada se colocaron las veletas en las estaciones mencionadas con anterioridad; con una diferencia de 1 hora entre siembra y cosecha.



Figura 2.5 Siembra y cosecha de las veletas en la zona de estudio. Fuente: Autoras (2022)

2.4.2. Medición de viento

Se utilizaron equipos como el anemómetro de copa y el anemómetro digital. El anemómetro de copas consta de 3 o 4 (copas) pequeñas colocadas alrededor de un eje vertical el cual se mantiene estático mientras las copas giran en dirección al viento; a diferencia del anemómetro digital el cual es un instrumento que consta de pequeñas aspas las cuales se encuentran alrededor de un eje circular y éstas giraran en dirección al viento que sople (Met Office, 2017). Ambos equipos constan de una pantalla LCD para la lectura de los valores de velocidad, y dirección del viento. Para la medición de viento se seleccionaron 6 estaciones; 3 en tierra y 3 en mar, en las cuales se tomaron datos cada hora.



Figura 2.6 Mediciones de viento. Fuente: Autoras (2022)

2.4.3. Parámetros oceanográficos

Se midieron los parámetros de temperatura superficial del mar, salinidad, total de sólidos disueltos, conductividad y clorofila. Se utilizó el equipo multiparámetros en las estaciones frente a La Chocolatera, Mirador Tortuga y La Lobería; colocando la sonda directamente en el océano y esperando alrededor de 10 segundos hasta obtener en la pantalla los parámetros mencionados.



Figura 2.7 Medición de parámetros oceanográficos. Fuente: Autoras (2022)

2.4.4. Características litorales

Para la determinación de características litorales, primero, se establece un objeto como referencia visual, (ej., rama, roca) que sea visible a la distancia. Posteriormente, el observador se ubica donde inicia la línea de agua y camina hasta donde llegue la

rompiente; una vez se encuentre en la zona de rompiente se lanzó el flotador sobre la cresta de la ola y se toma el tiempo que demora en llegar el flotador a la costa. Al recoger el flotador es necesario medir la distancia que existe desde donde se inició el lanzamiento hasta donde fue recogido el derivador, y así mismo medir la distancia hacia el punto de referencia visual establecido inicialmente, estas mediciones se hacen dado el número de pasos y la longitud del pie del observador. Para identificar las corrientes de resaca se observa el comportamiento y el patrón de oleaje que arriba, en el caso de que exista un espacio donde no rompe la ola y pareciera que es una zona de calma, se trata de una corriente de resaca. También se mide el grupo de olas, para esto el observador considera de referencia de altura su propia estatura, por lo que se observa un total de 10 olas y se anota el tiempo que demora en romper todas y las alturas aproximadas de cada ola antes de romper dentro del ancho de la zona de surf que va desde que la ola empieza a tener espuma hasta que rompe en la línea de agua.



Figura 2.8 Medición de características litorales. Fuente: Autoras (2022)

2.4.5. Perfil de playa

Para la medición del perfil se consideró un trazado en la sección transversal de la playa, el cual debe ser perpendicular a la línea de agua (Kraus, 2005). Para esto se utilizaron los métodos Andrade y de Abney en las tres estaciones de tierra; para la primera medición de perfil de playa se utilizó el nivel de Abney (Figura 2.9), a partir del segundo perfil se empleó el método Andrade. Para el método Andrade (Figura 2.10) se utilizaron 2 regletas conectadas por una manguera, la distancia entre regletas es de

aproximadamente 30 centímetros; se empezó la medición desde la berma de la playa y se avanzó hasta llegar a la línea de agua (Axis Ingeniería, 2013).



Figura 2.9 Medición de perfil por nivel de Abney. Fuente: Autoras (2022)



Figura 2.10 Medición de perfil por el método Andrade. Fuente: Autoras (2022)

2.4.6. Acantilados

Para la zona de acantilados se diseñó 1 plantilla en donde se registró la altura del acantilado, la altura de la entrada al socavamiento, la profundidad (si era posible acceder), las coordenadas geográficas para su especialización y la dirección hacia donde se estaba socavando, además de registrar si había zonas donde el acantilado había colapsado, y se hizo registros fotográficos. Para esto se utilizó herramientas como GPS, teléfono celular, un identificador geológico puede ser un objeto o una persona que sirva de referencia cuando se tome las fotografías, y una cinta métrica de rodillo de 20 metros.



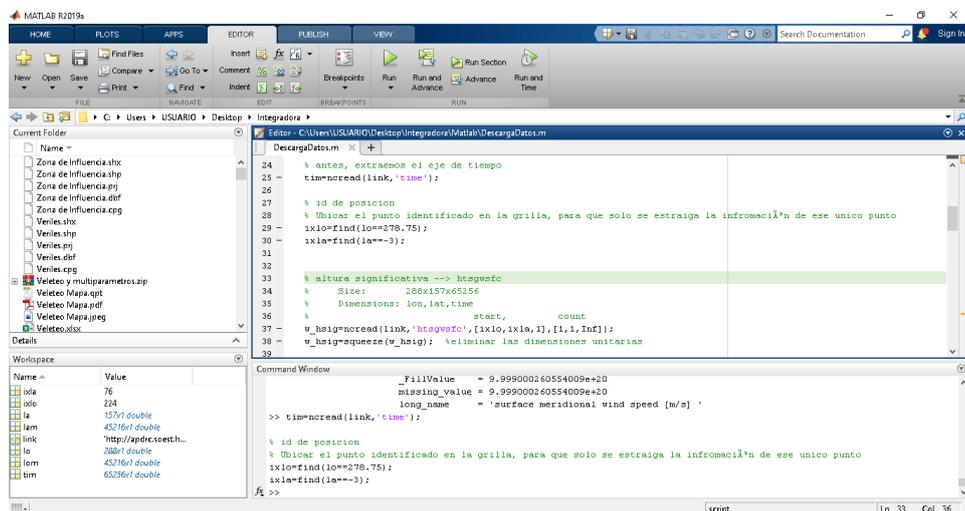
Figura 2.11 Identificación de acantilados en La Chocolatera. Fuente: Autoras (2022)



Figura 2.12 Entrada de Socavones en La Chocolatera, identificados durante la salida de campo. Fuente: Autoras (2022)

2.5. MATLAB

Se utilizó MATLAB para acceder a los datos disponibles de WAVEWATCH III, se aplicó un código de programación en donde se abre el enlace de acceso, se definen variables de entrada para buscar las coordenadas de las boyas virtuales, luego se procede a definir las variables para cada parámetro de oleaje y viento como altura significativa, período, dirección, velocidad del viento y dirección del viento. Se aplicó la función WindRose y WaveRose (Apéndices A-6.1.1) para dibujar las rosas de viento y oleaje respectivamente, por último, se exportó los datos de la boya seleccionada en un archivo CSV.



```
24 % antes, extraemos el eje de tiempo
25 tim=timread(link,'time');
26
27 % id de posicion
28 % Ubicar el punto identificado en la grilla, para que solo se extraiga la informacil^n de ese unico punto
29 ixlo=find(lo==278.75);
30 ixla=find(la==-3);
31
32
33 % altura significativa --> htsgwfc
34 % Size: 288x157x65256
35 % Dimensions: lon,lat,time
36 % start, count
37 w_hsig=timread(link,'htsgwfc',[ixlo,ixla,1],[1,1,Inf]);
38 w_hsig=squeeze(w_hsig); %eliminar las dimensiones unitarias
39
```

Command Window

```
_FillValue = 9.999000260554009e+20
missing_value = 9.999000260554009e+20
long_name = 'surface meridional wind speed [m/s]'
>> tim=timread(link,'time');
```

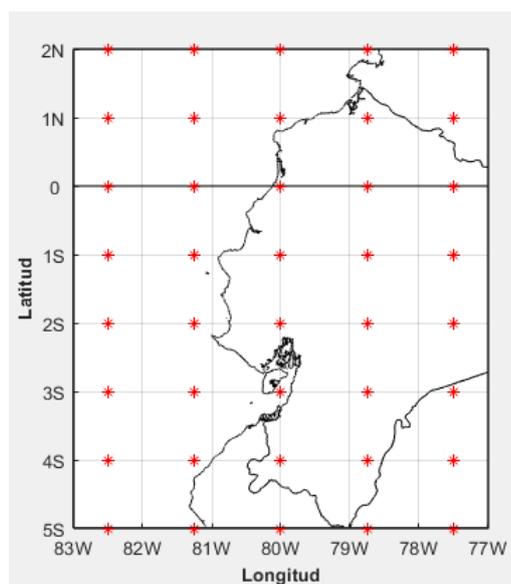


Figura 2.13 Descarga de datos de WAVEWATCH III. Fuente Autoras (2022)

2.6. MIKE 21SW

Se trabajó con la carta náutica IOA 1052, para ello se siguió los siguientes pasos:

1. Se digitalizó la carta náutica para obtener la batimetría y se generó el mesh (grilla) de 2000 nodos.
2. Se definió las condiciones de bordes y se interpoló los datos de batimetría
3. Se definió la serie de tiempo de los datos de viento obtenidos de WAVEWATCH III para un periodo de 10 años desde 2008 hasta 2018.
4. Se configuró el módulo MIKE 21SW para evaluar la transformación del oleaje (aguas profundas hacia aguas someras)
5. Se definieron los datos de entrada, basándonos en datos estándar y teóricos para cada parámetro que solicita el programa y siguiendo la guía de MIKE 21SW
6. Se definió un archivo de salida tipo puntos para que muestre los resultados en forma de serie de tiempo de todos los parámetros para modelar como altura significativa, periodo pico, energía de oleaje, entre otros.
7. Se definió un archivo de salida tipo área, para que muestre la distribución de energía calculada por el programa.
8. Se definió un archivo tipo área que muestre cada uno de los parámetros calculados.

Una vez obtenido los resultados se comparó con valores referenciales medidos en el sitio y de bibliografía consultada para su validación, luego se hizo las correcciones en los datos de entrada y se volvió a correr el programa cuya demanda de tiempo computacional es de 72 horas (3 días) para obtener los resultados.

2.7. QGIS

Para la obtención de la línea de costa del área de estudio se procede a utilizar las imágenes descargadas de Google Earth Engine con el índice NDWI calculado; las mismas que son ubicadas en QGIS. Una vez cargada la imagen, se procede a seleccionar la herramienta *ráster* la cual tiene la opción de *extracción*, y finalmente seleccionar la opción *curva de nivel* que ayudará a la obtención de la línea de costa del área de estudio. La herramienta *ráster* es la encargada de trabajar con imágenes con pixeles de un tamaño regular; en ella se puede encontrar opciones como *análisis*,

proyecciones, conversiones, misceláneas y la opción empleada en el proyecto *extracción* (QGIS, 2014).

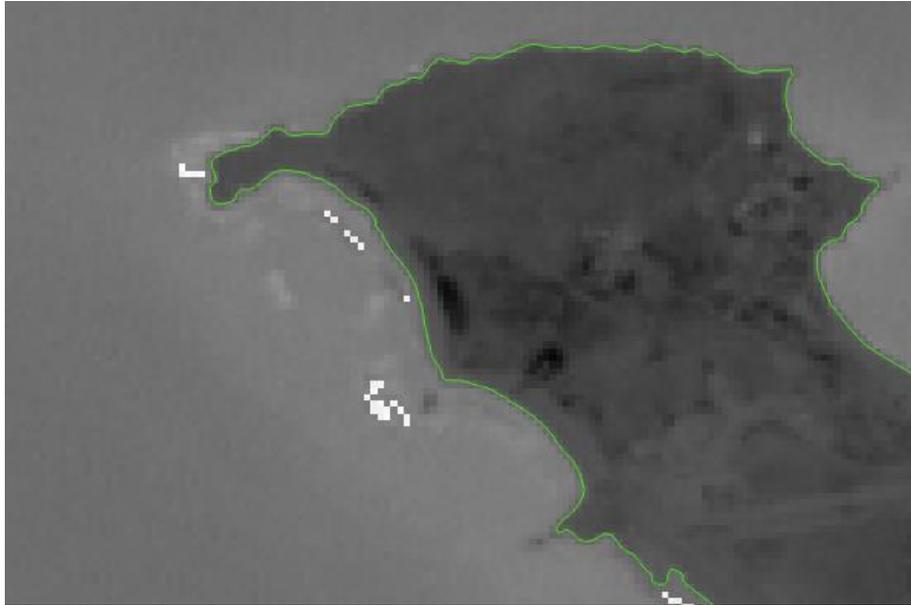


Figura 2.14 Línea de costa obtenidas. Fuente: Autoras (2022)

2.8. DSAS

Una vez extraídas las líneas de costa se procedió a suavizarlas, así mismo se dibujó en otro archivo vectorial (*.shp) la línea base tomando de referencia los sitios que no han tenido cambio y que este alejado de todo el grupo de líneas hacia la costa, y se las suavizó. Se creó una geodatabase en ArcMap, esto para asegurarse tener un solo sitio de ubicación de los archivos y asegurarse de que cada archivo tenga el mismo sistema de proyección WGS84 17S. Luego se activa la barra de herramientas de DSAS, y se seleccionó el automatizado de atributos para la línea de costa para editar las capas y se agregó los campos de fechas, ID y error para la capa (shoreline) y la capa de línea base. Luego se definió considerando la línea base el sentido y donde se toma de referencia el agua y la tierra, y se definió los transectos, la longitud, la separación y el suavizado, una vez guardado los archivos, se calculó la tasa de erosión, considerando un 95% y el número de líneas de costa, además se escoge el parámetro LRR. Finalmente se obtuvo una capa con transectos, con la intersección de transectos que contienen en su tabla de atributos las tasas de erosión calculadas.

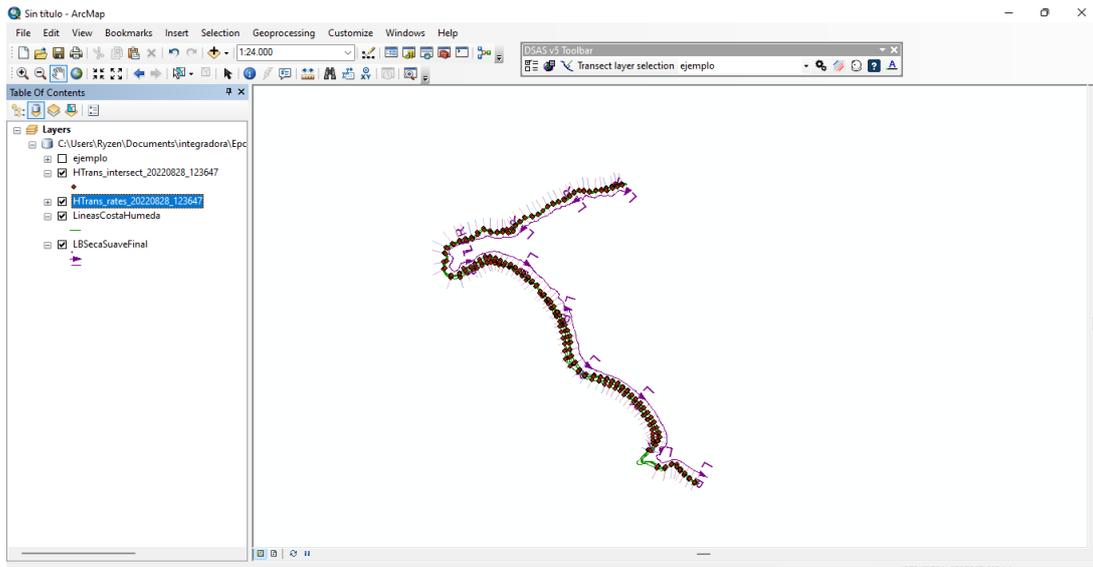


Figura 2.15 Transectos calculados para la tasa de erosión de la época húmeda. Fuente: Autoras (2022)

2.9. Calificación de alternativas

Para la calificación de las alternativas de mitigación se aplicaron evaluaciones bajo 5 parámetros que son:

- Costo
- Duración
- Alcance
- Sostenibilidad
- Durabilidad

Las alternativas citadas anteriormente fueron evaluadas bajo los parámetros ya mencionados utilizando una matriz de decisión (Pugh, 1990); la cual se le asigna valores fijos del 1 al 5, siendo 5 la opción más viable; los cuales fueron ponderados por expertos en el área de oceanografía, civil y ambiental. De la misma forma con el mismo formato de ponderación se analizan los parámetros, finalmente, para obtener el resultado, se multiplica el valor de cada alternativa con el factor de ponderación de cada una de las alternativas, una vez finalizado los cálculos se procede a elegir las 3 alternativas de mayor puntaje.

Tabla 2.1 Ponderación de los parámetros que evalúan las alternativas de mitigación

Parámetro	Ponderación	Parámetro	Ponderación
Costo	1	Duración	2
Alcance	3	Sostenibilidad	4
Durabilidad	5		

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1. Resultados de mediciones de campo

3.1.1. Veleteo

Estudios anteriores Vera et al., (2009) mencionan que existe una velocidad de corriente muy alta en el área de estudio, sobre todo en la fase de sicigia y, además, sabiendo que la dirección de oleaje predominante en el área de estudio es del sureste y que las corrientes alcanzan una velocidad máxima de 0.55 m/s.

Tabla 3.1 Datos de medición de corriente en la zona de estudio. Fuente: Autoras (2022)

Estación	Hora	Longitud	Latitud	Distancia [m]	Tiempo [s]	Velocidad [m/s]	Dirección
La Chocolatera	10H00	-81.0356	-2.19167	894.1	3600	0.248	158.2° NO
	11H00	-81.0356	-2.21833				
Mirador Tortuga	11H06	-81.2176	-2.36111	850.2	3420	0.249	123.7° SO
	12H03	-81.1086	-2.20806				
La Lobería	12H04	-81.0731	-2.44167	301.2	3540	0.085	56.3° NE
	13H03	-81.0022	-2.29722				

Los valores de velocidad de corriente registrados en la salida de campo (16-julio-2022, fase de sicigia) varían en rango de 0.09 a 0.25 m/s, correlacionándose muy bien con los datos históricos. Las trayectorias (recorrido) de las veletas se lo puede observar en la Figura 3.1.

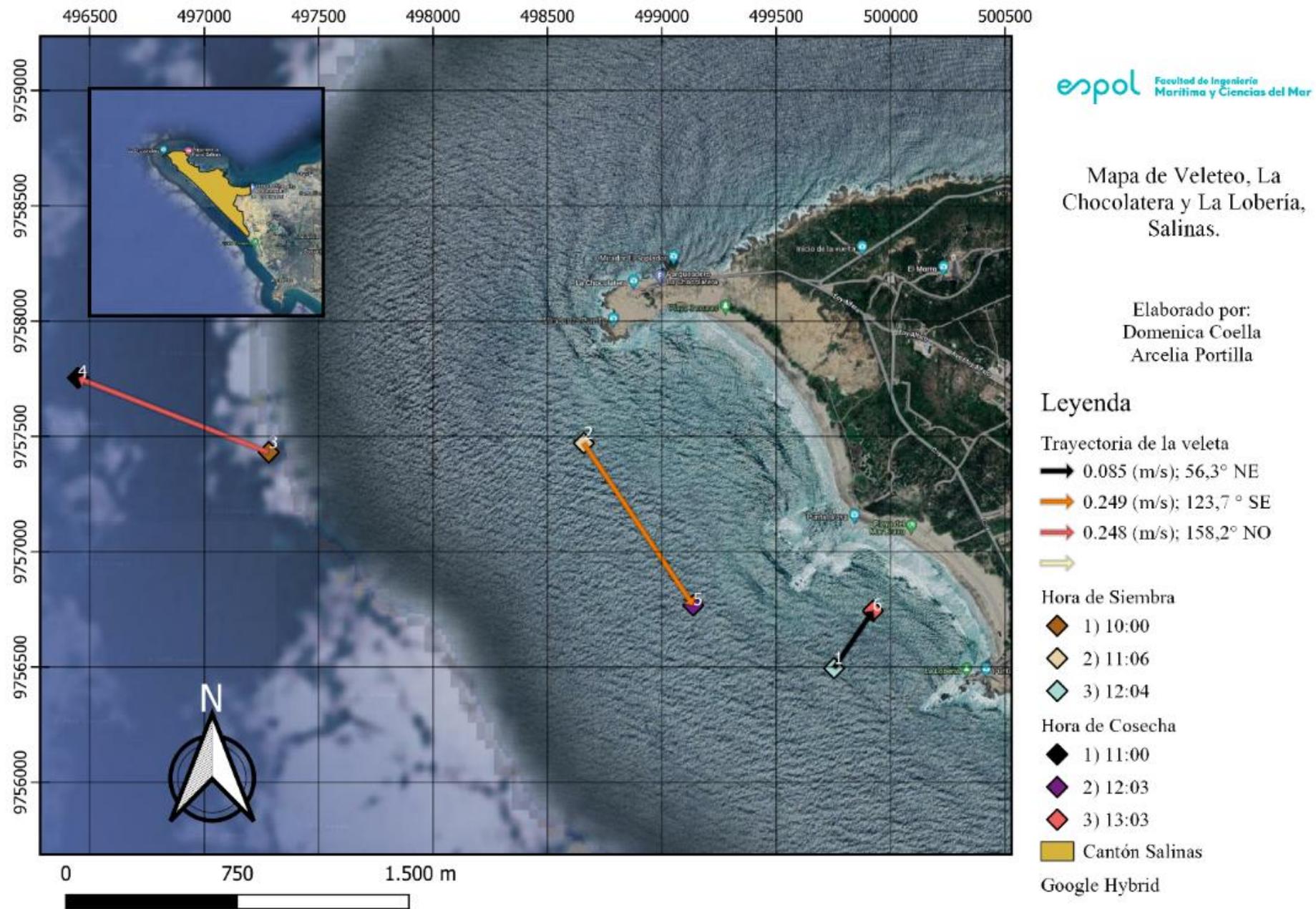


Figura 3.1 Mapa de medición de corriente realizado en La Chocolatera y La Lobería. Fuente: Autoras (2022)

3.1.2. Medición de viento

De datos históricos obtenidos Okuda et al. (1983) mencionan la existencia de mediciones entre los años 1976 a 1980 y 2021 a 2022 donde se muestran que la dirección del viento en gran porcentaje es hacia el Oeste y en ciertas ocasiones dirigida hacia el Suroeste (SE); sin embargo, en el muestreo in situ se encontraron direcciones que van desde el Noreste (NE), Suroeste (SO) y Noroeste (NO) con un intervalo de velocidad mínimo entre cada estación siendo la velocidad promedio 3.6 m/s.

Tabla 3.2 Datos de viento medidos en el bote. Fuente: Autores (2022)

Latitud	Longitud	Velocidad [m/s]	Dirección
-2.19163	-81.01888	3.7	NE
-2.20024	-81.00571	3.5	SO
-2.20551	-81.00085	3.8	NO

3.1.3. Parámetros oceanográficos

De acuerdo con registros históricos durante el periodo de 2019 a 2022 obtenidos de la base de datos de la estación D (Apéndice I) (Ormaza, 2019); la TSM, varía en un rango entre 20.8 °C a 26.9 °C. De esta misma forma, los registros de campo mostraron una buena correlación con una variación mínima de 0.18 °C. La estación que cuenta con un mayor valor de TSM se ubica en la estación de Mirador Tortuga.

Por otra parte, los registros históricos de salinidad muestran variaciones entre rangos de 32.5 UPS y 34.6 UPS, teniendo una buena correlación con las mediciones in situ, las cuales varían en apenas 0.18UPS.

La conductividad eléctrica como parámetro in situ tiene una variación de 146 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en todas las estaciones estudiadas; con respecto a TDS, existe un intervalo de 0.18 g/L. La estación frente a Mirador Tortuga presenta un valor alto de TDS, lo cual podría indicar que en esa zona se existe una cantidad de concentración de sólidos ionizados en la zona.

La corriente de Humboldt se caracteriza por tener valores de temperatura baja y salinidad alta, se sabe que esta corriente viene desde el sur de las costas peruanas hasta las costas ecuatorianas. La presencia de nutrientes que existe tiene una trayectoria que va desde las costas de Chile, Perú y se dirigen hasta el Golfo de Guayaquil y el norte de

Las Islas Galápagos específicamente en la zona del Pacífico Ecuatorial Oriental, lo cual justifica la presencia de valores bajos para la TSM y altos tanto en salinidad y la cantidad de sólidos disueltos en la zona de estudio (Bucheli et al., 2019).

Tabla 3.3 Datos del multiparámetro medidos en el bote. Fuente: Autoras (2022)

Latitud	Longitud	Temperatura [°C]	Conductividad [µs/cm]	TDS [g/L]	Salinidad [UPS]	Clorofila [chl ug/l]
-2.19163	-81.01888	22.49	48987	33.45	33.86	-29.3
-2.20024	-81.00571	22.43	49133	33.58	34.01	-29.2
-2.20551	-81.00085	22.31	49064	33.62	34.04	-29.2

3.1.4. Características litorales

Para el análisis de las características litorales, se calculó el número de Iribarren para la caracterización del tipo de rompiente en cada una de las estaciones establecidas, se utilizaron las mediciones de campo tanto de pendiente de playa, periodo y altura de ola. En las tres estaciones se obtuvo que la rotura del oleaje es del tipo plunging (Tabla 3.4), de acuerdo con sus características, esto ocurre con olas poco peraltadas que se propagan sobre pendientes inclinadas.

Tabla 3.4 Resultados del cálculo de Surf Similarity. Fuente: Autoras (2022)

Estación	Fecha	Pendiente	Periodo [s]	Lo[m]	Ho[m]	Número de Iribarren	Tipo
La	16/07/2022	0.09	16	410.4	0.58	2.4	Plunging
Chocolatera	23/07/2022	0.09	14	327.1	1.18	1.5	Plunging
Mirador	16/07/2022	0.06	10	167.1	0.31	1.3	Plunging
Tortuga	23/07/2022	0.11	24	904.5	1.48	2.8	Plunging
La Lobería	16/07/2022	0.10	11	204.2	0.34	2.6	Plunging
	23/07/2022	0.10	12	224.6	0.35	2.5	Plunging

3.1.5. Perfil de playa

Como es mencionado a lo largo de todo el documento, el área de estudio tiene una dinámica muy variable, como es el caso de los perfiles encontrados a lo largo de la zona. Todo perfil de playa se considera dinámico por acción de las olas, aumento del nivel del mar, acción de las corrientes o vientos, sin embargo; al identificar los tipos de perfil se necesita un patrón (Moncayo & Ger, 2019).

Tabla 3.5 Valores de pendiente calculados

Estación	Perfil de playa	Pendiente de playa
La Chocolatera	Perfil 1	0.091
	Perfil 2	0.057
	Perfil 3	0.059
Mirador Tortuga	Perfil 1	0.062
	Perfil 2	0.039
	Perfil 3	0.073
La Lobería	Perfil 1	0.124
	Perfil 2	0.104
	Perfil 3	0.084

3.1.5.1. La Chocolatera

La estación de La Chocolatera tiene perfiles con valores medios de pendiente y una forma empinada pronunciada.

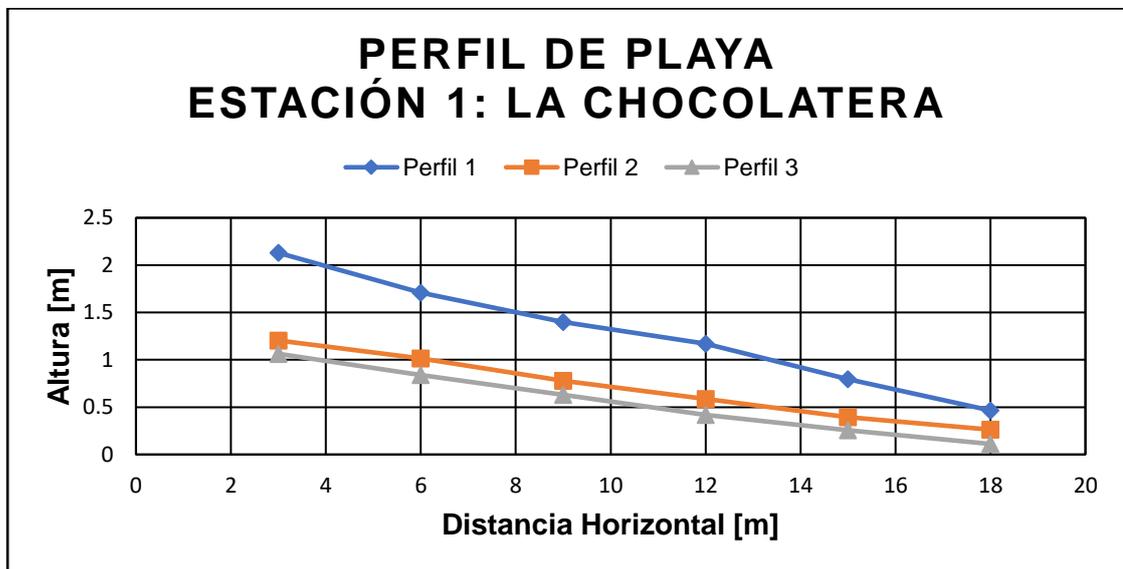


Figura 3.2 Perfil de playa, Estación 1: La Chocolatera. Fuente: Autoras (2022)

3.1.5.2. Mirador Tortuga

La estación de Mirador Tortuga posee perfiles un tanto dinámicos con algunas formaciones de pequeñas dunas que van a lo largo de la playa.

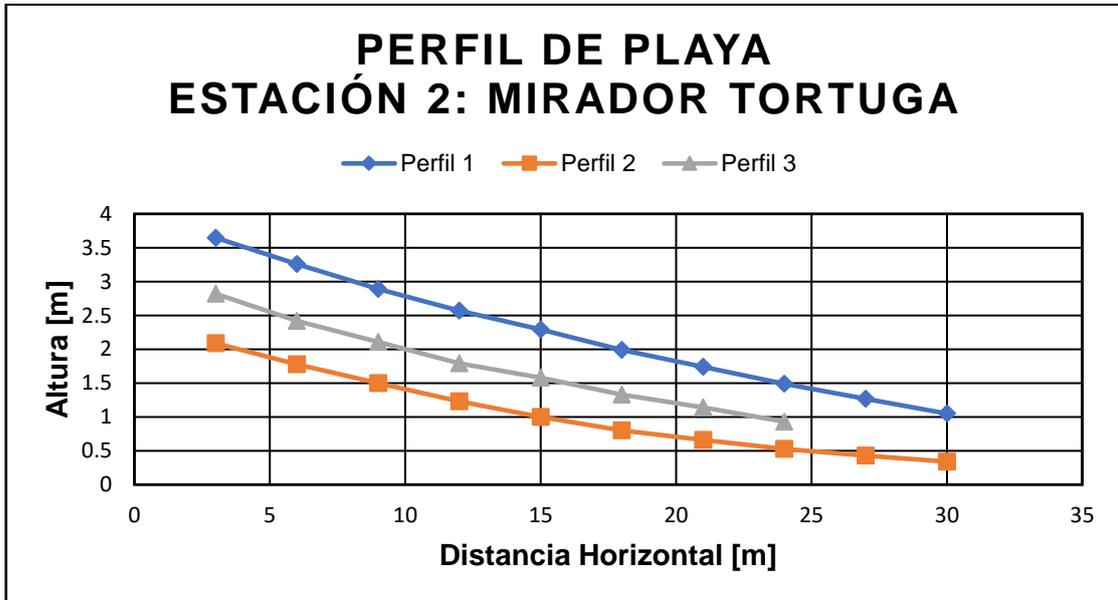


Figura 3.3 Perfil de playa, Estación 2: Mirador Tortuga. Fuente: Autoras (2022)

3.1.5.3. La Lobería

La estación La Lobería tiene perfiles con pendientes no tan pronunciadas a diferencia del último perfil el cual tiene una pendiente final muy pronunciada.

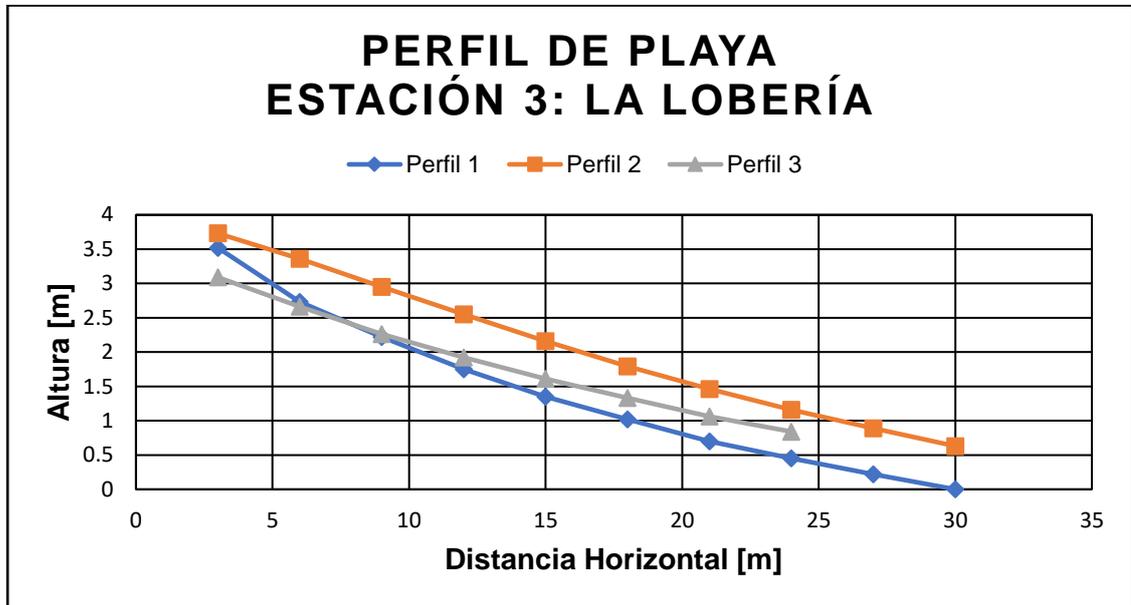
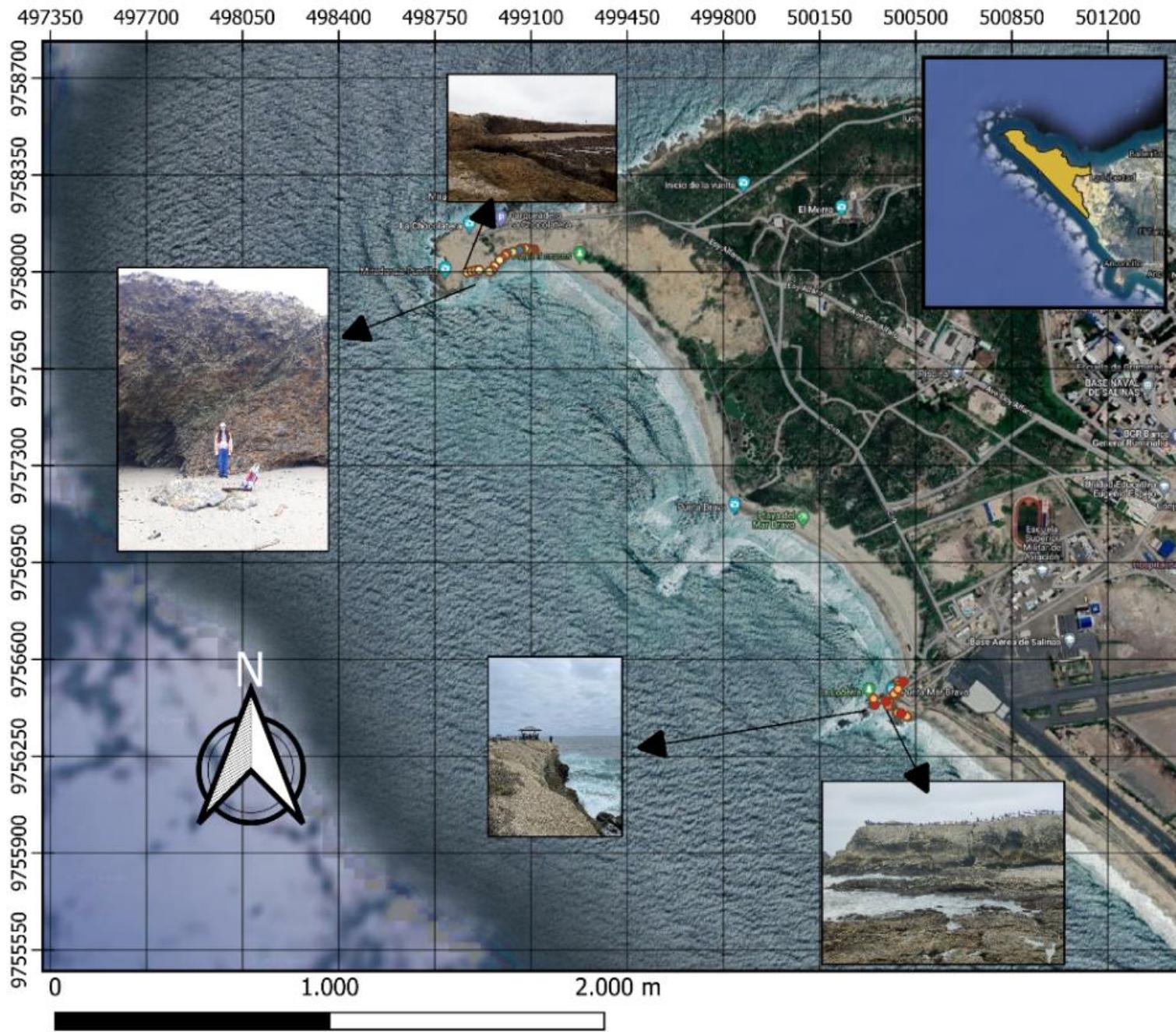


Figura 3.4 Perfil de playa, Estación 3: La Lobería. Fuente: Autoras (2022)

3.1.6. Identificación de acantilados y sitios de Socavamientos

En la estación de La Chokolatera los acantilados identificados presentaron alturas en un rango entre 1- 6 m, mientras que en la zona de La Lobería los acantilados identificados están en un rango entre 5 – 10 m de altura sobre el nivel medio del mar, considerándolos como acantilados bajos. Para identificar su localización se realizó un mapa que muestra donde se encuentran estas formaciones (Figura 3.5).



Mapa de Acantilados de La Choclatera y La Lobería

Elaborado por:
Domenica Coella
Arcelia Portilla

Leyenda

Altura de Acantilados (m)

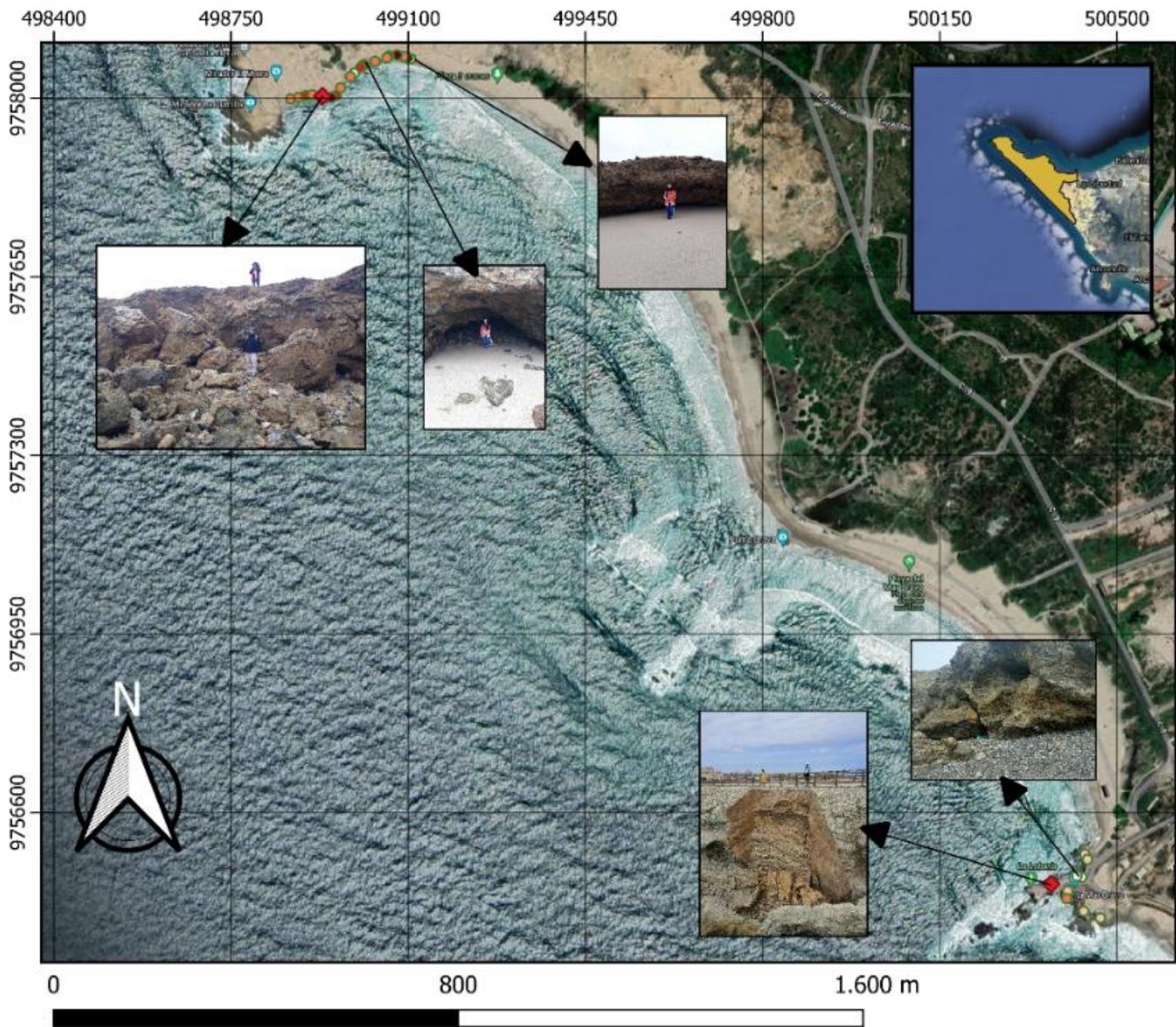
- 8 - 10
- 7 - 8
- 6 - 7
- 5 - 6
- 4 - 5
- 3 - 4
- 2 - 3
- 1 - 2

■ Cantón Salinas

Google Hybrid

Figura 3.5 Mapa de acantilados de La Choclatera y La Lobería. Fuente: Autoras (2022)

Durante el recorrido se identificaron sitios con presencia de socavamientos y derrumbes, para la parte de La Chocolatera a lo largo de la base del acantilado, esto se debe a factores desencadenantes de la dinámica marina, debido a que actúan directamente sobre las discontinuidades litológicas y estructurales de la base del acantilado; de acuerdo con Barion (2020), el nivel de mayor erosión está relacionado con los niveles de marea alta y baja y la energía de las olas. Según reportes del INOCAR (2017), se consideran que las condiciones de oleaje, aguaje y precipitaciones en Santa Elena ocasionan grandes transportes de sedimentos, formaciones de corrientes de resaca e inundaciones en zonas de malecones, afectando a estructuras costeras y a las actividades económicas. En la Figura 3.6, se pudo identificar los sitios donde hay socavamientos. En La Chocolatera se identificaron 20 puntos con socavamientos que varían de una altura de entrada de cueva entre 0.4 y 3.3 m y profundidades de 0.35 y 4.6 m aproximadamente. Estas mediciones, en ciertas cuevas, fueron fáciles de acceder por el tamaño de la entrada. En La Lobería se identificaron 7 puntos de socavamientos con alturas entre 0.3-2m y profundidades entre 0.25 y 2.4 m aproximadamente, en este sitio las mediciones fueron difíciles de medir por el tipo de formación y la altura a la que estaban las perforaciones. De forma general, según Tarbuck & Lutgens (2005), en los acantilados litorales a medida que progresa la erosión, las rocas que sobresalen por la socavación de la base del acantilado caen y por ende el acantilado retrocede con el oleaje incidente. Adicionalmente, se producen plataformas de abrasión que se amplía a medida que las olas llegan a la costa, parte del sedimento es transportado y otro del tipo rocoso queda en el sitio como parte de la playa.



Mapa del Socavones y Derrumbes en La Chocolatera y La Loberia

Elaborado por:
Domenica Coella
Arcelia Portilla

Leyenda

- Sitios de Derrumbes
 - ◆ La Chocolatera
 - ◆ La Loberia
- Altura de Socavones (m)
 - 2,8 - 3,4
 - 2,2 - 2,8
 - 1,6 - 2,2
 - 1 - 1,6
 - 0,4 - 1
- Cantón Salinas
- Google Hybrid

Figura 3.6 Mapa de socavamientos y derrumbes en La Chocolatera y La Lobería. Fuente: Autoras (2022)

En la Figura 3.6 también se pudo identificar los sitios donde hay 2 deslizamientos de material rocoso de los acantilados de La Chocolatera y La Lobería, si bien no hay registros de la fecha exacta cuando sucedieron, son los más recientes entre el año 2021 y 2022 cuyas coordenadas y altura del afloramiento se resumen en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6 Datos de los desprendimientos de los acantilados identificados en la zona de estudio. Fuente: Autoras (2022)

Sitio	Longitud	Latitud	Altura (m)
La Chocolatera	-81.0103519	-2.1898055	6
La Lobería	-81.099667246	-2.202527	10.5

3.1.7. Granulometría

Las muestras de sedimentos fueron tomadas en 3 estaciones distintas como se ve en los transectos de la Figura 6.1 de la salida de campo (Apéndice H), de lo que se obtuvieron los siguientes resultados del diámetro medio d_{50} :

Tabla 3.7 Resultados del diámetro D50 de los sedimentos

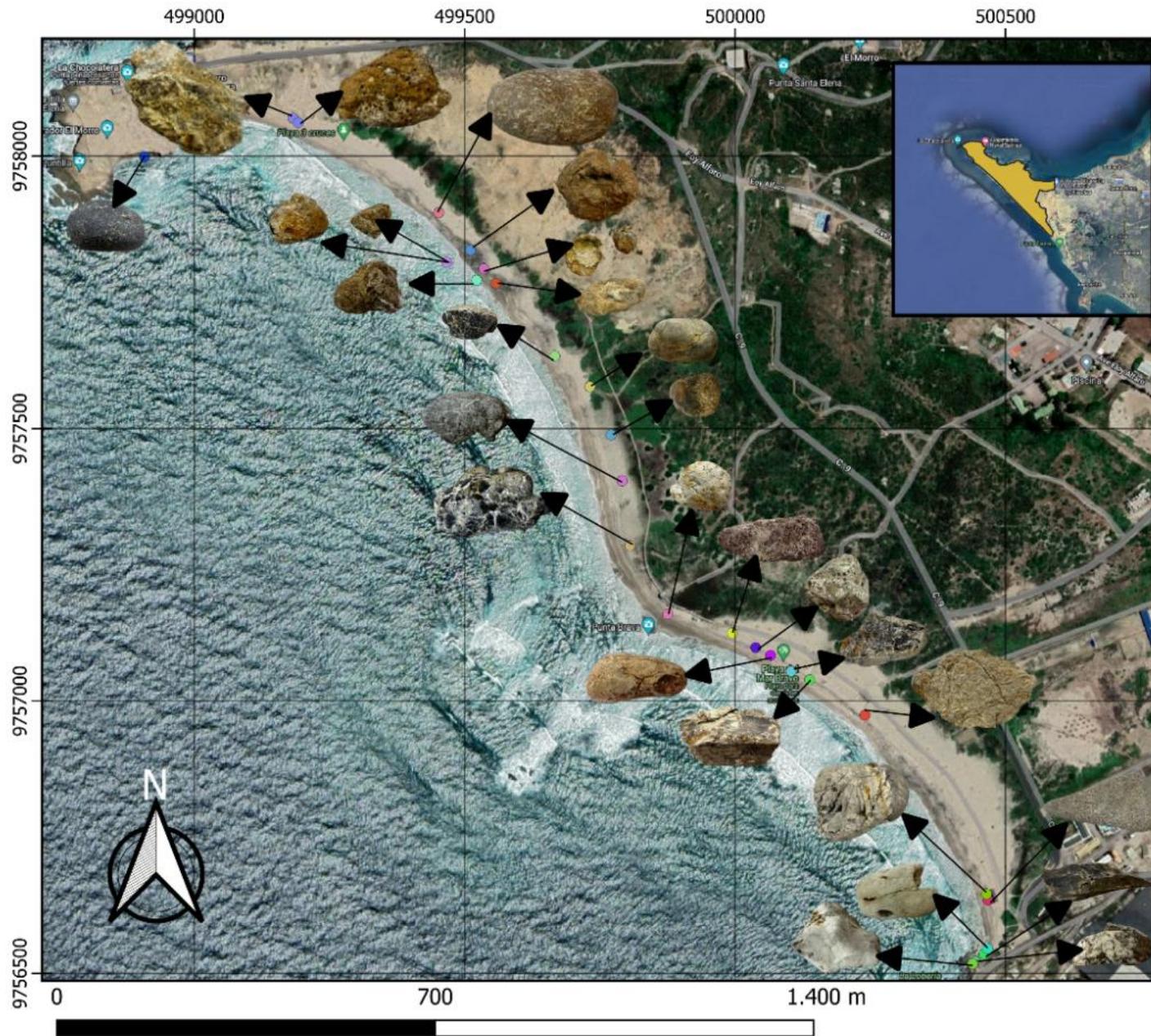
Estación	Sitio	D50 [mm]	Tipo de Sedimento
1	Berma	0.39	Arena media
	Alta	0.28	Arena media
	Media	1.67	Arena muy gruesa
	Baja	0.23	Arena fina
2	Berma	0.19	Arena fina
	Alta	0.10	Arena muy fina
	Media	0.28	Arena media
	Baja	0.29	Arena media
3	Berma	0.11	Arena muy fina
	Alta	0.28	Arena media
	Media	0.26	Arena media
	Baja	1.12	Arena muy gruesa

Estos sedimentos también presentaron una coloración diferente entre estación, por ejemplo, la Estación 1 a la altura de La Chocolatera, la coloración de los sedimentos era más clara de color beige, mientras que, a la altura de la Estación 2 Mirador Tortuga y Estación 3 La Lobería las muestras de sedimentos tuvieron una coloración oscura de

color gris y negro (Apéndice E), que basado en los testimonios del biólogo Héctor Rodríguez de la REMACOPSE se debieron a ciertos derrames de petróleo que hubo en la zona y más al sur de La Lobería se puede encontrar sedimentos de características similares en cuanto a la coloración.

3.1.8. Identificación de rocas

Para la recolección de rocas en el área de estudio se recorrió cada una de las estaciones desde La Puntilla de La Chocolatera hasta La Lobería, para esto se escogieron las rocas más distintivas de cada estación. Gran parte de estas rocas han sido ubicadas en la zona debido al transporte litoral que existe en la zona y en otros casos han sido desprendidas de los acantilados encontrados en el área de estudio.



Mapa Rocas, La Chocolatera y
La Lobería, Salinas.

Elaborado por:
Domenica Coella
Arcelia Portilla

Leyenda

- | | |
|-------|------------------|
| Rocas | ● L7 |
| ● C1 | ● L8 |
| ● C2 | ● L9 |
| ● C3 | ● T1 |
| ● C4 | ● T2 |
| ● C5 | ● T3 |
| ● C6 | ● T4 |
| ● C7 | ● T5 |
| ● C8 | ● T6 |
| ● C9 | ● T7 |
| ● L1 | ● T8 |
| ● L2 | ● T9 |
| ● L3 | ■ Cantón Salinas |
| ● L4 | Google Hybrid |
| ● L5 | |
| ● L6 | |

Figura 3.7 Mapa de rocas encontradas en el área de estudio. Fuente: Autoras (2022)

3.1.8.1. La Chicolatera

Los tipos de rocas encontrados en la estación van desde conglomerados, coquinas y argilitas. Las rocas conglomeradas son de tipo sedimentarias las cuales tienen clastos de aproximadamente 2 mm de ancho, sus colores van normalmente de oscuras a grises con muy poco brillo (Geotecnia Fácil, 2022). Las coquinas son rocas sedimentarias las cuales normalmente están formadas de fragmentos de conchas, moluscos o corales, este tipo de rocas regularmente se encuentran erosionadas casi en su gran mayoría. (Comparar rocas, 2015).

Las rocas argilita son una mezcla de arcilla, limo y contienen ciertos minerales. Tienen un parecido similar al tipo pizarra, los colores van desde blanco hasta grises y tonalidades rojas o verdes (Rocas, 2015).

3.1.8.2. Mirador Tortuga

A diferencia de la estación de La Chicolatera, Mirador Tortuga tiene una variedad extensa de rocas distintivas entre ellas se pueden encontrar: guijarro, arenisca, niquelina, calcita y oval. Las rocas guijarro son de tipo sedimentario conglomerado en la cual se encuentran varios tipos de fragmentos de rocas o restos de coral (Vazquez, 2017). Las areniscas al igual que los guijarros son sedimentarias tienen una geometría variada y suelen ser de colores claros (Vazquez, 2017). Las niquelinas son rocas que tienen un color oscuros y cierta cantidad de minerales (Minerales de Colección, 2018). Las calcitas tienen un color grisáceo, simétricas y lisas (Minerología, 2019). Las rocas tipo oval son de color grisáceo, de manera ovaladas y lisas.

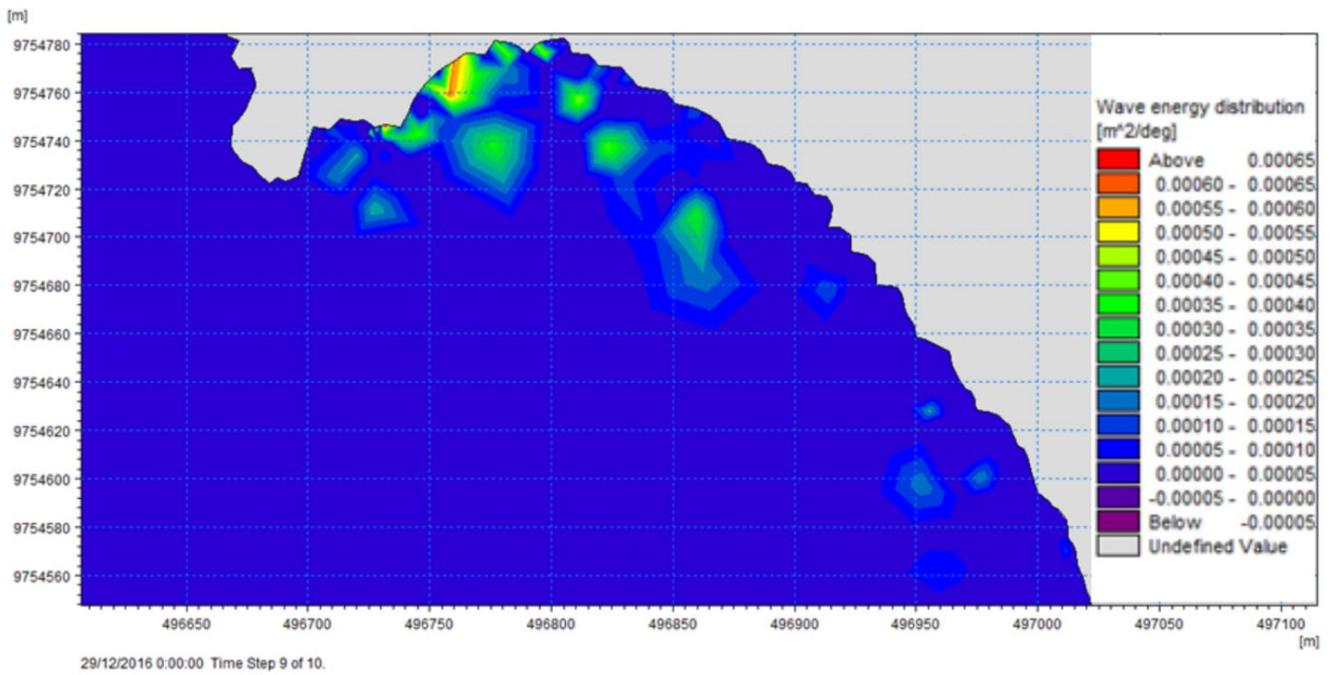
3.1.8.3. La Lobería

La estación de Mirador Tortuga y La Lobería tienen una variedad de rocas similares en tipología, esto debido a que se encuentran muy cercanas la una de la otra, lo que implica que debido al transporte litoral y oleaje cada una de estas rocas se mueven a lo largo de la zona.

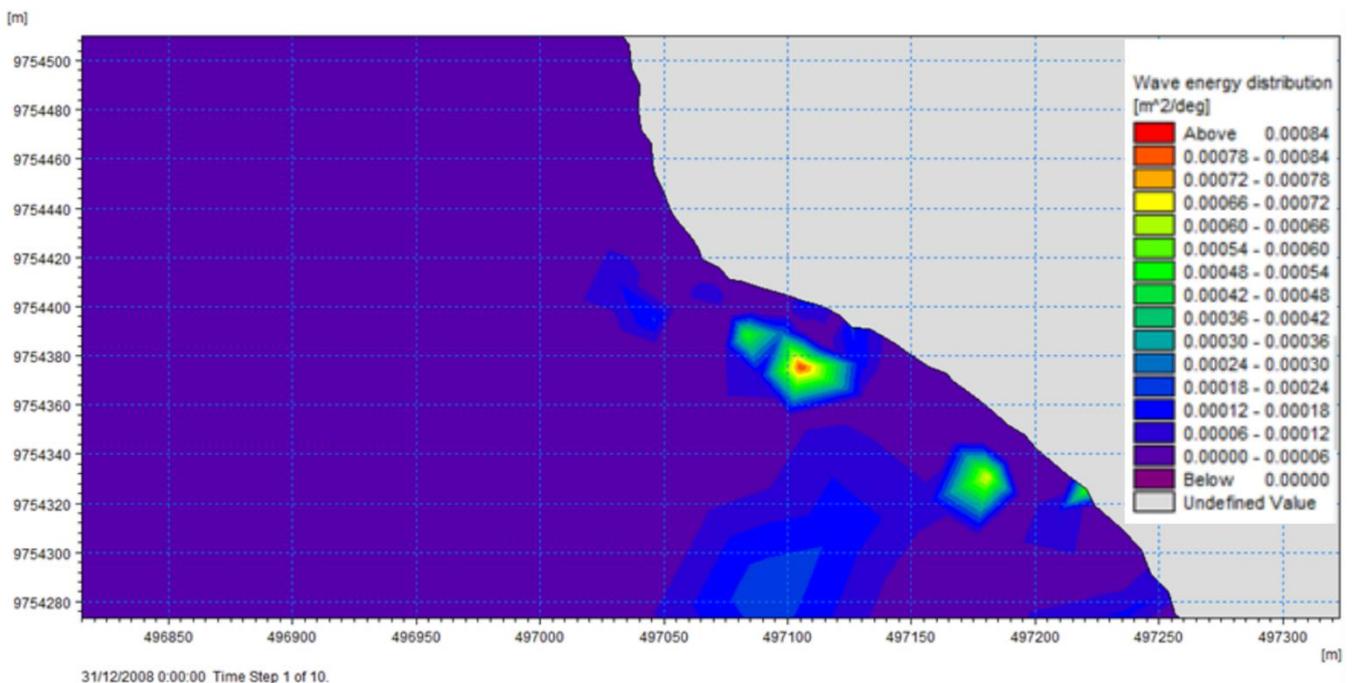
3.2. Resultados de MIKE 21SW

Con el modelo MIKE 21SW se obtuvo resultados de la distribución de la energía del oleaje para un periodo de 10 años (entre 2008 y 2018), en donde se identificaron zonas de concentración de energía del oleaje que arriba a los acantilados de La Chokolatera (Figura 3.8 a), Punta Brava (Figura 3.8 b) y al norte de La Lobería (Figura 3.8 c).

a



b



C

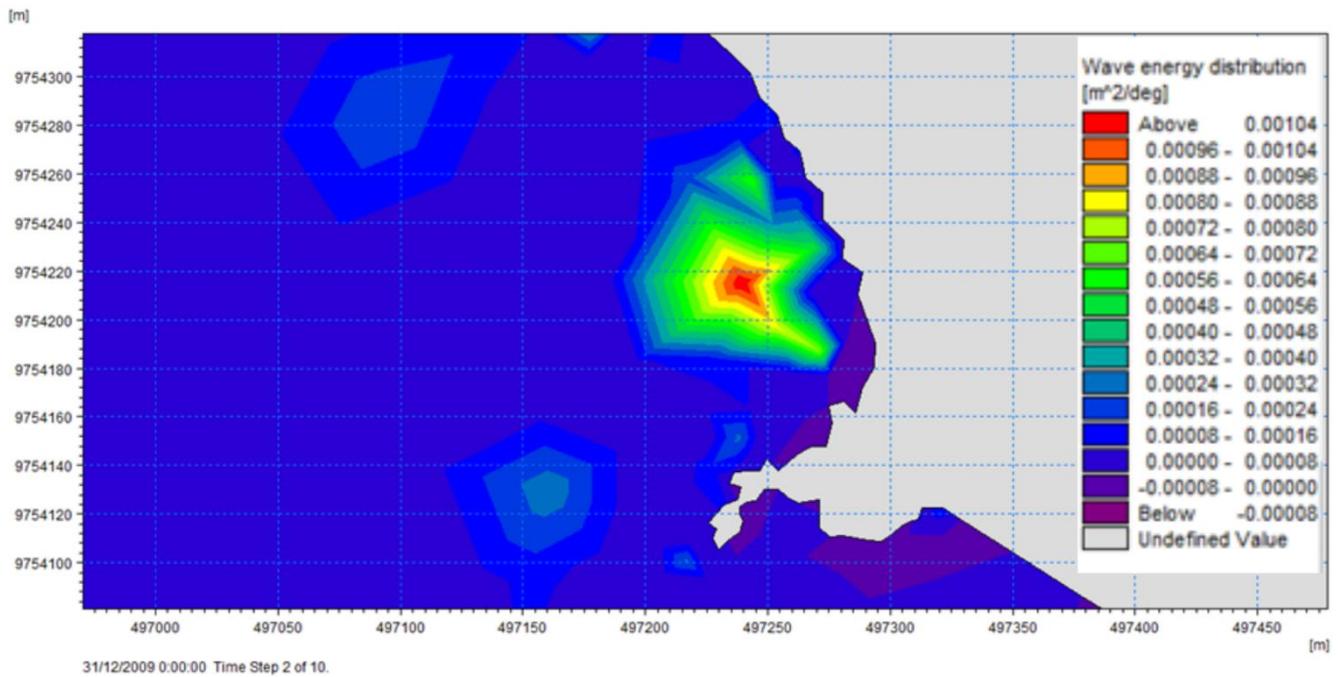
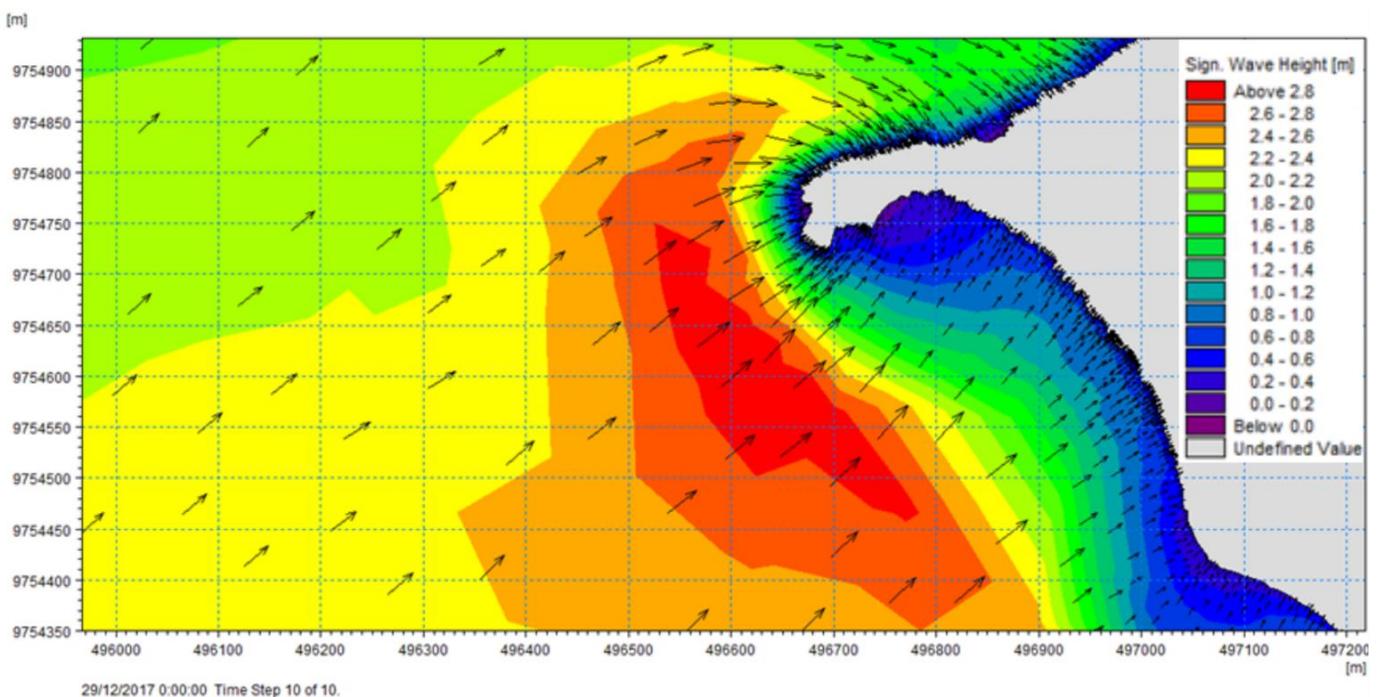


Figura 3.8 Distribución de la energía en la zona de estudio, modelo de MIKE 21SW. a) La Chocolatera. b) Mirador Tortuga. c) La Lobería. Fuente Autoras (2022)

Respecto a la altura significativa (H_s) de ola, de acuerdo con los resultados del modelo computacional, se observó que varía entre 1 y 2.8 m en promedio para el periodo entre 2008 y 2018.

a)



b)

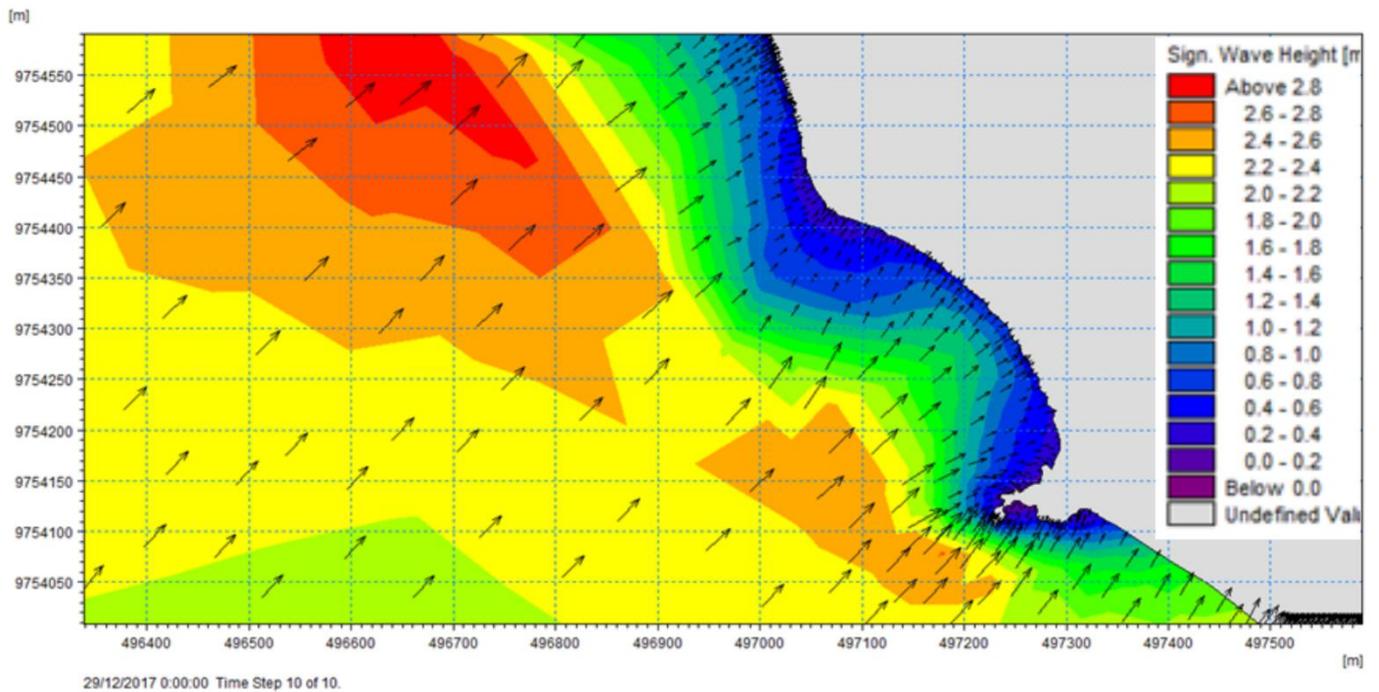
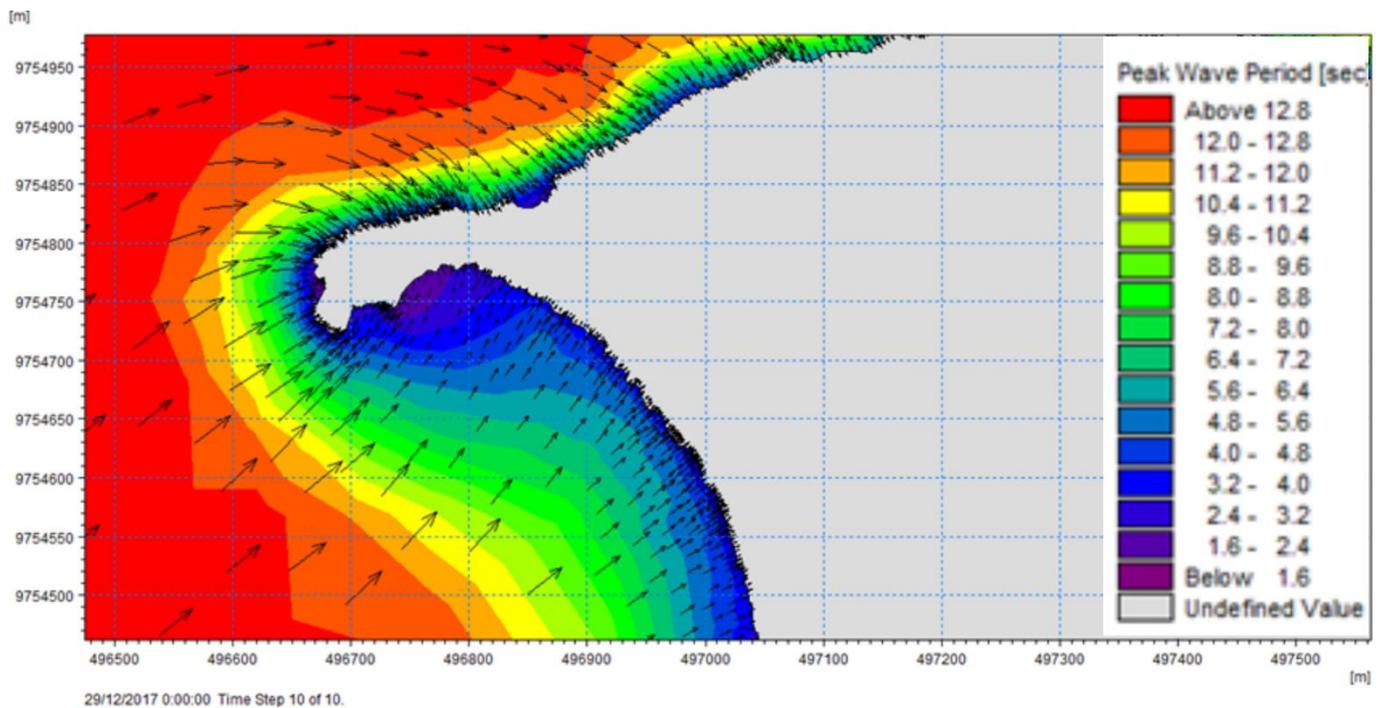


Figura 3.9 Altura Significativa obtenido del modelo de MIKE 21SW. a) La Chocolatera. b) La Lobería. Fuente: Autoras (2022)

El periodo pico (T_p) fue de 12.8 segundos en promedio en 10 años de la corrida del modelo.

a)



b)

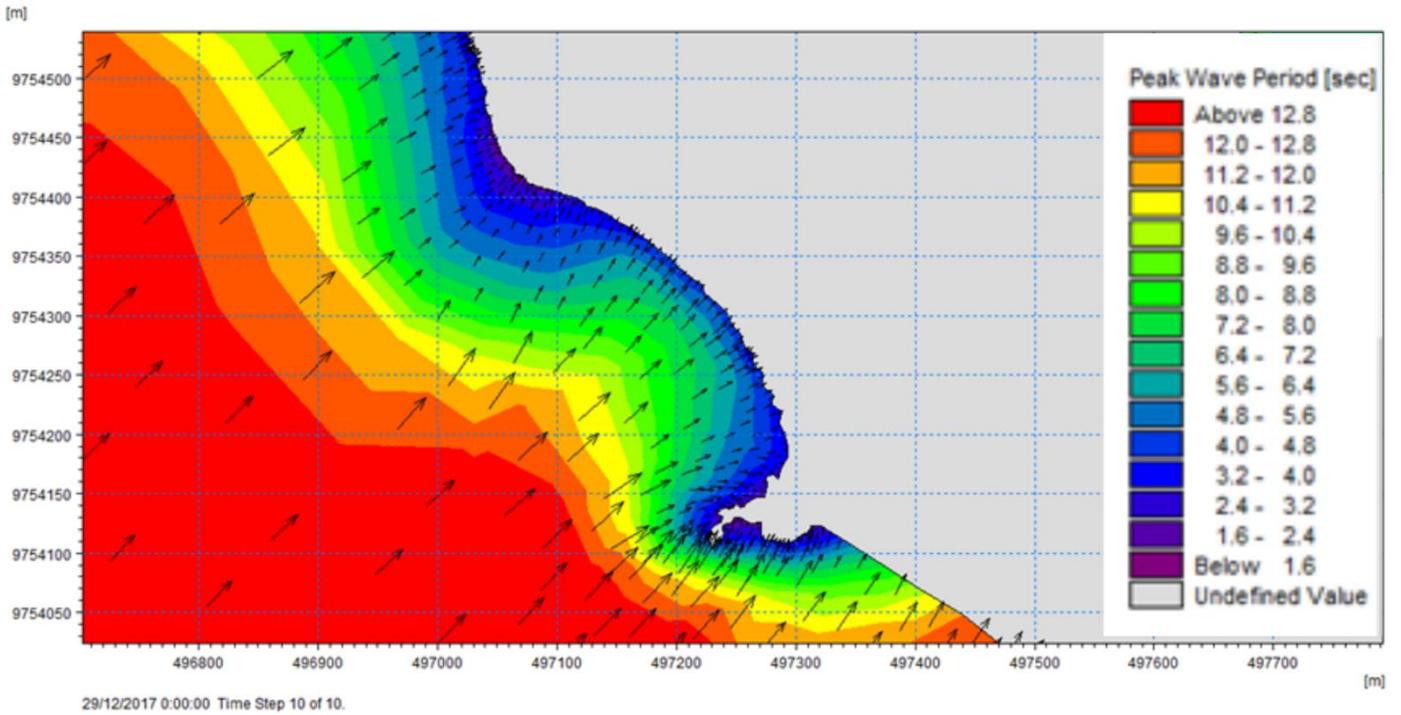


Figura 3.10 Periodo pico obtenido del modelo MIKE 21SW. a) La Chocolatera. b) La Lobería. Fuente: Autoras (2022)

En cuanto a la energía del oleaje hubo un área entre el veril 10 y 20 m donde la se mostró un valor mayor a 40 kW/m. Esta energía se disipa a medida que avanza hacia la costa en un rango de 4 – 8 kW/m.

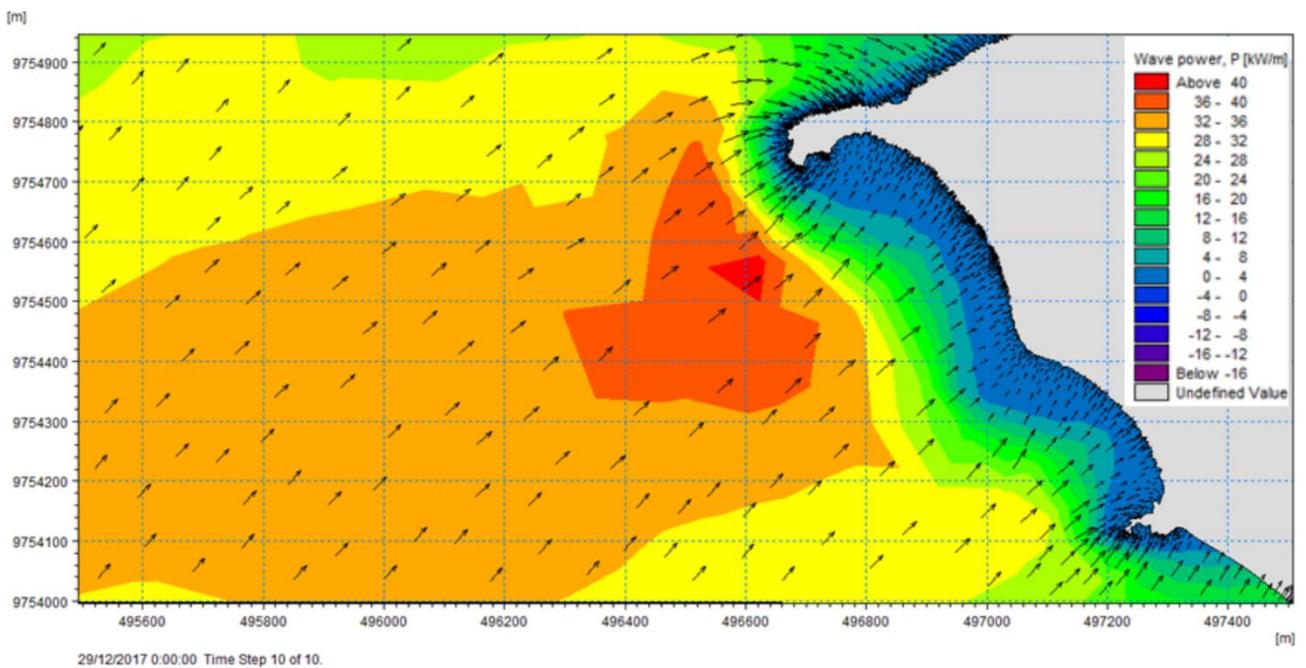


Figura 3.11 Energía del oleaje obtenido del modelo MIKE 21SW. Fuente Autoras (2022)

3.3. Resultados DSAS

La erosión de los acantilados se lo calcula en función del nivel del mar, de las condiciones del oleaje incidente, de la pendiente de la plataforma rocosa y de la resistencia del material rocoso afectado en cada ciclo de marea. El periodo analizado fue desde el 2000 a 2019 tanto en época húmeda como época seca. Los resultados para ambas épocas son:

Tabla 3.8 Tasas de cambio de la línea de costa obtenidos en DSAS.

Época	Tasa de cambio de la línea de costa [m/año]	Tasa de cambio de la línea de costa [m/año] Nassar, y otros (2018)	Clasificación
Húmeda	-3.15 < LRR <= -2.67	> -2	Erosión muy alta
	-2.67 < LRR <= -1.73	> -2	Erosión muy alta
	-2.2 < LRR <= -1.26	-1 > y < -2	Erosión Alta
	-1.26 < LRR <= -0.78	0 > y < -1	Erosión Moderada
	-0.78 < LRR <= -0.31	0 > y < -1	Erosión Moderada
	-0.31 < LRR <= 0.16	0 > y < -1	Erosión Moderada
	0.16 < LRR <= 0.63	0 > y < 1	Acreción Moderada
Seca	-0.68 < LRR <= -0.42	0 > y < -1	Erosión Moderada
	-0.42 < LRR <= -0.15	0 > y < -1	Erosión Moderada
	-0.15 < LRR <= 0.11	0 > y < -1	Erosión Moderada
	0.11 < LRR <= 0.38	0 > y < 1	Acreción Moderada
	0.38 < LRR <= 0.65	0 > y < 1	Acreción Moderada
	0.65 < LRR <= 0.91	0 > y < 1	Acreción Moderada
	0.91 < LRR <= 1.18	0 > y < 1	Acreción Moderada
	1.18 < LRR <= 1.44	1 > y < 2	Acreción Alta

Se pudo determinar que la tasa de erosión considerando el periodo de 2000 a 2019 es de 1.05 m/año, analizando por época de año se calculó que la tasa de erosión más alta es de 3.15 m/año durante época húmeda, mientras que para la época seca fue de 0.68 m/año, también hubo zonas de acreción moderada de 0.16 m/ año durante época húmeda y de acreción alta 1.44 m/ año durante época seca. El determinar el cambio de línea de costa tuvo su nivel de dificultad dado al posicionamiento del satélite ya que al ser zonas de acantilados los socavamientos se dieron en la base de estos, por lo cual el satélite y su campo de visión no los detecta, simplemente se detectó si hubo un retroceso o aumento, en cambio para las zonas de playa de arena se detectó el cambio, y se consideró el error de píxel de 30 m.

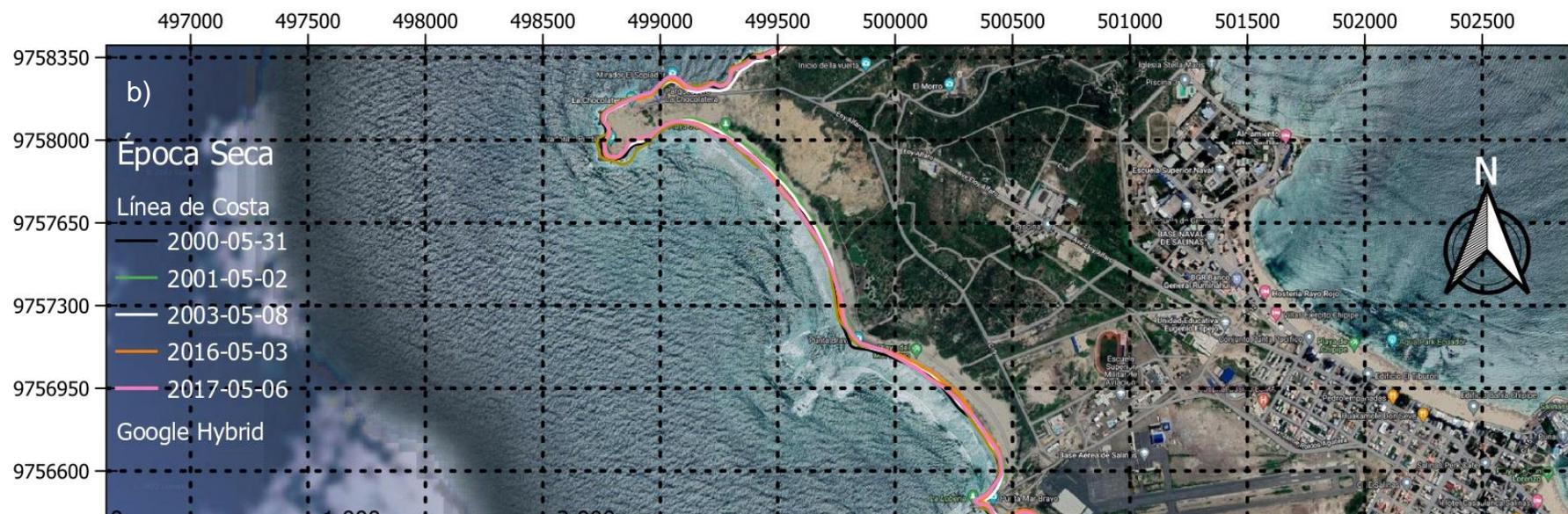
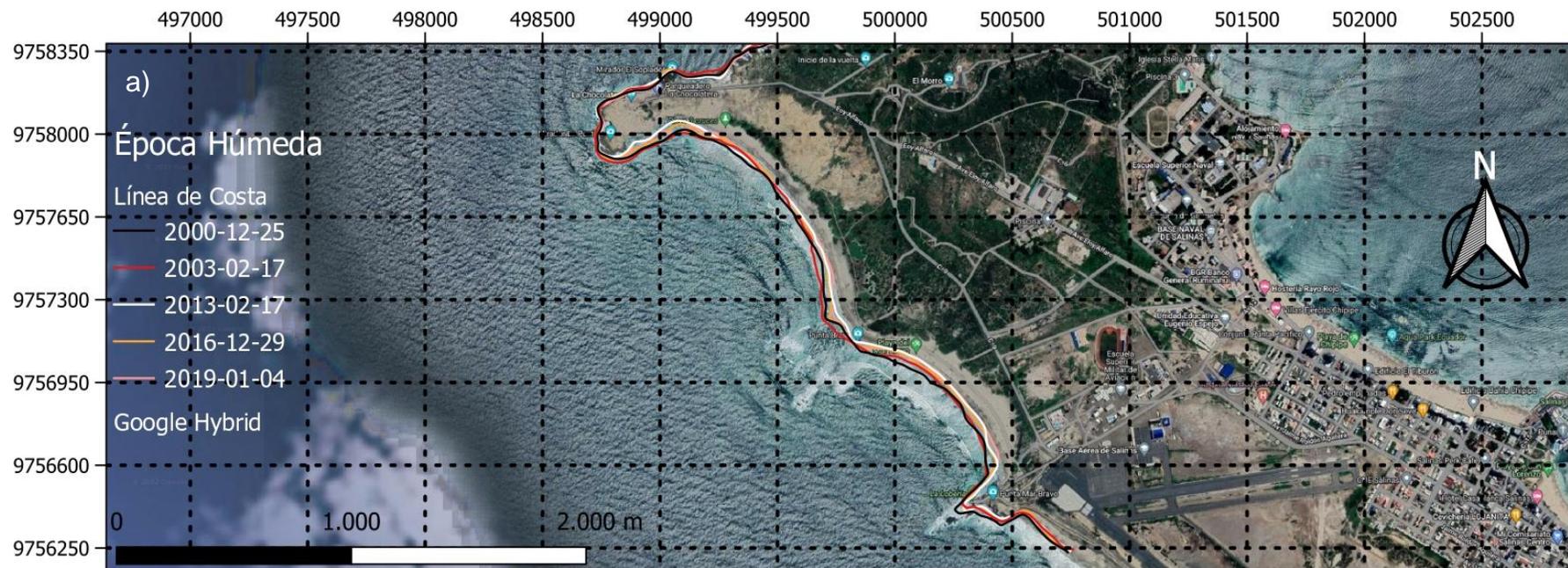
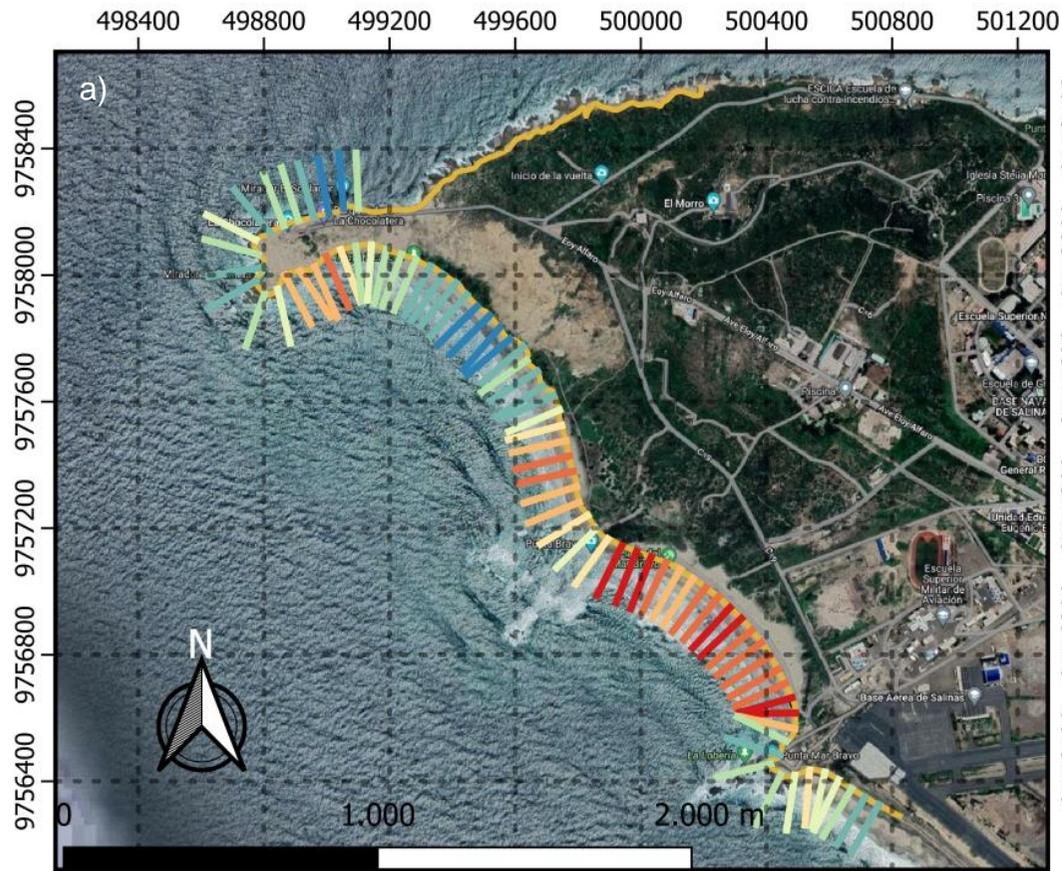
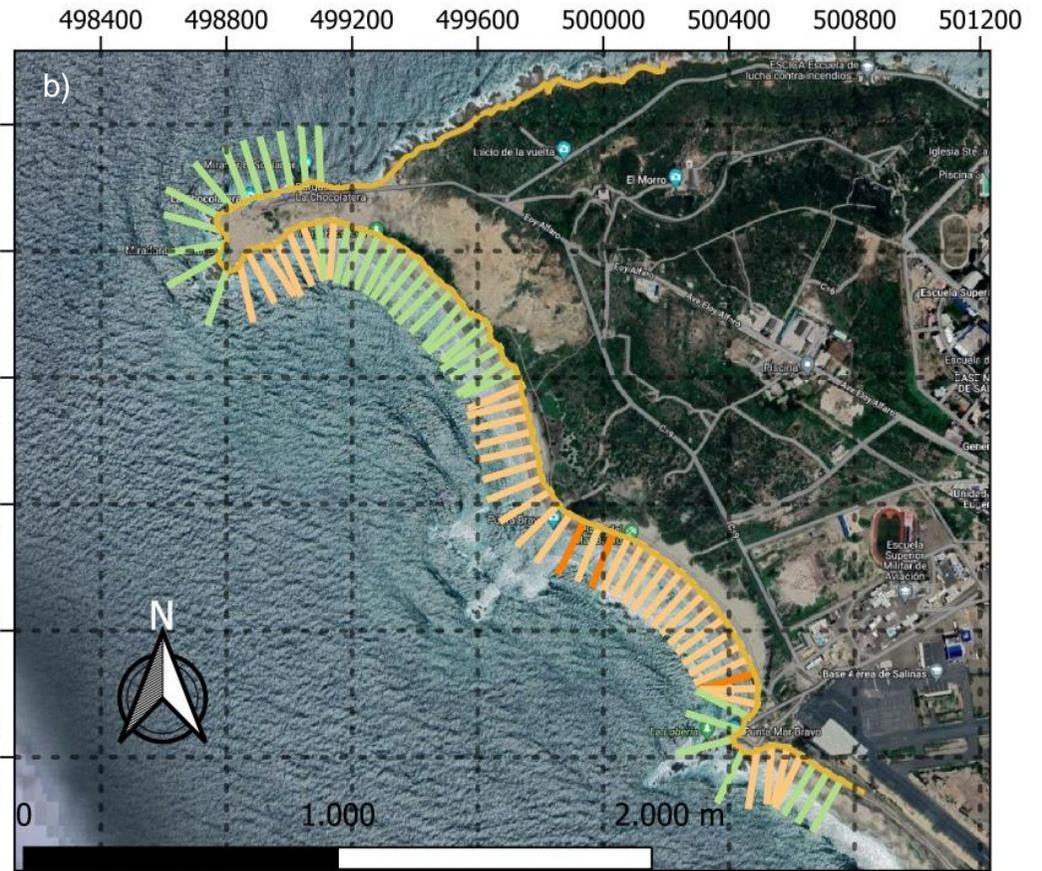
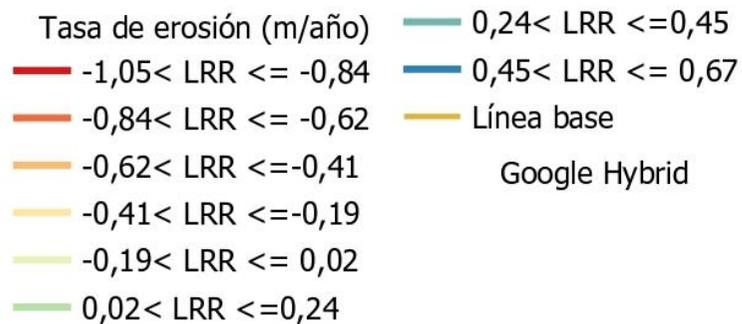


Figura 3.12 Líneas de perfil de costa de 2000 a 2019. a) Época húmeda: Diciembre a Mayo b) Época seca: Junio a Diciembre

Fuente: Autoras (2022)



Erosión Costera (2000-2019)



Clasificación de Erosión (2000-2019)

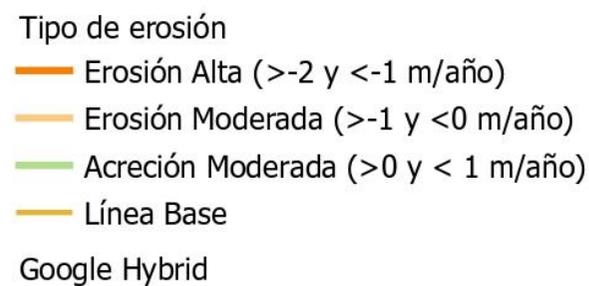
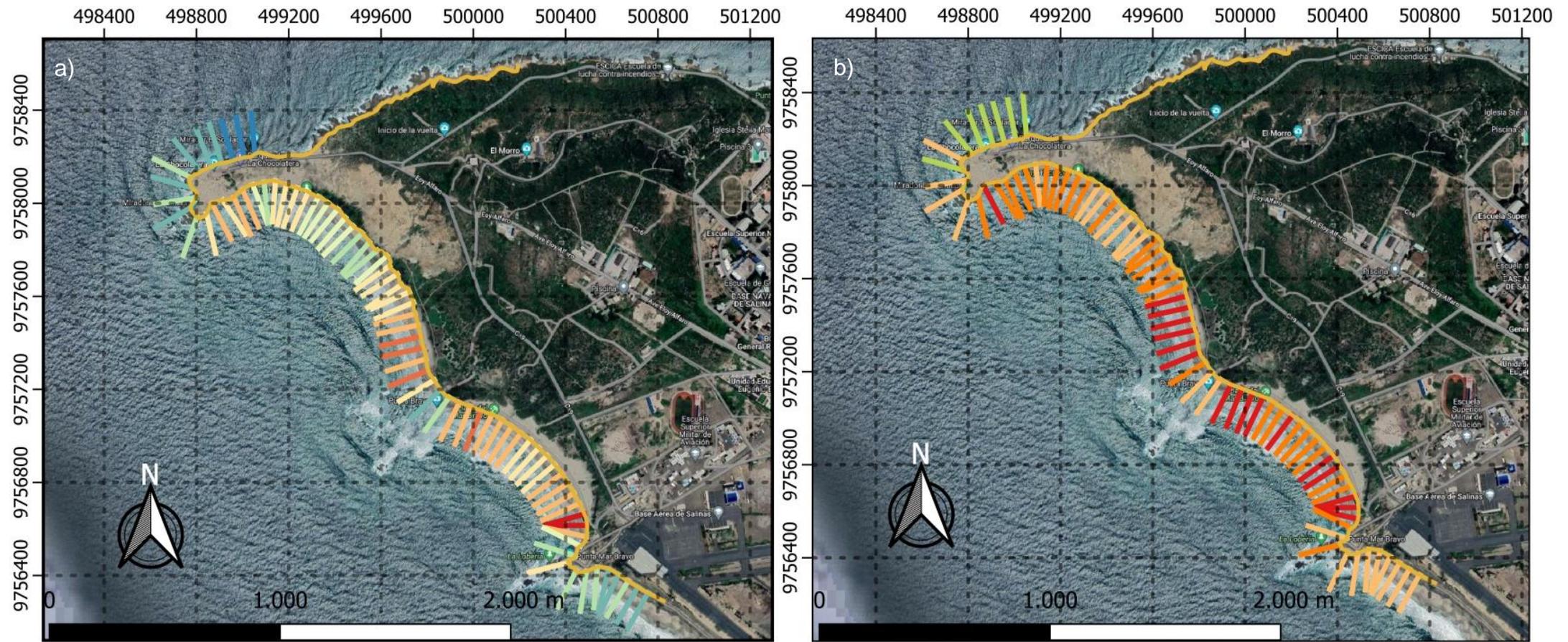
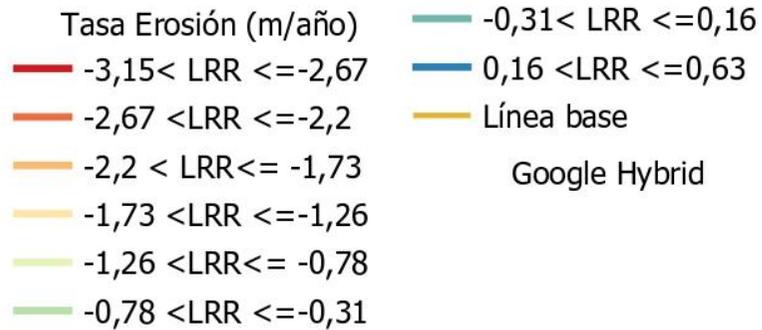


Figura 3.13 Erosión Costera y su clasificación durante el periodo de 2000- 2019. a) tasa de cambio de la línea de costa b) clasificación del tipo de erosión Fuente: Autoras (2022)



Erosión Costera, Época Húmeda



Clasificación de Erosión, Época Húmeda

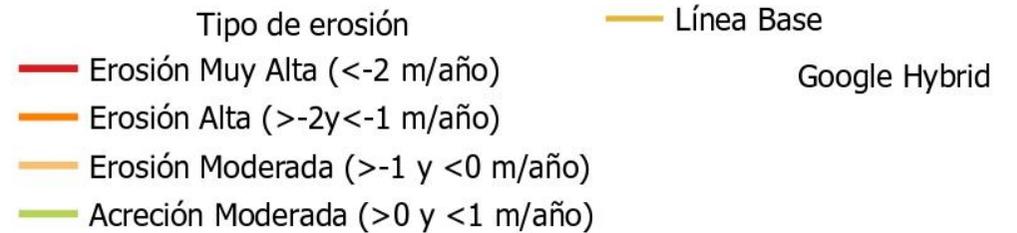
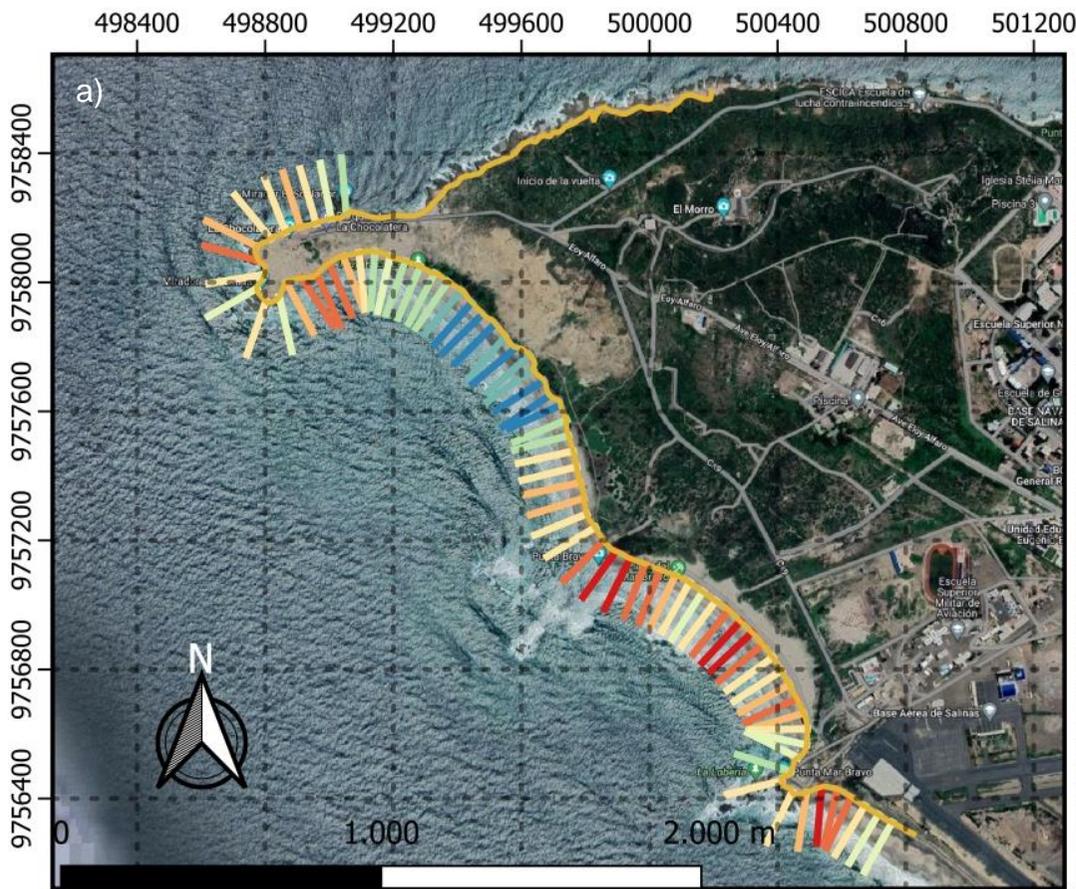


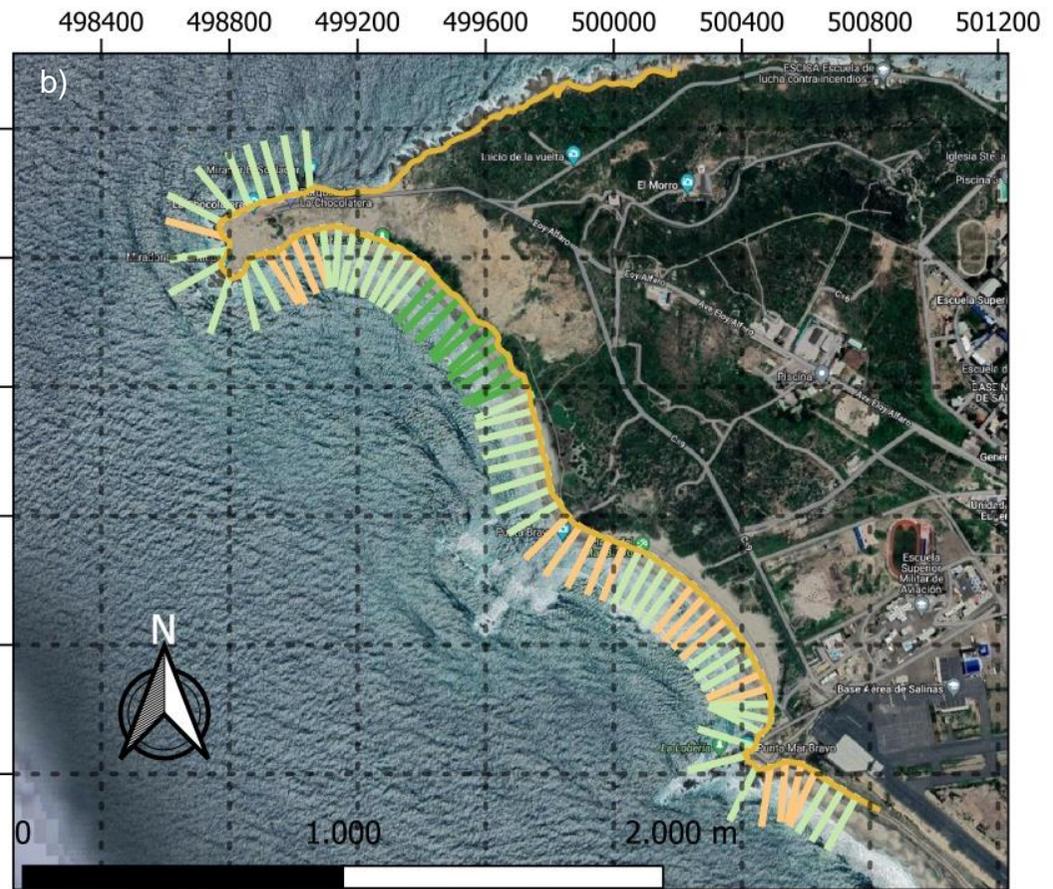
Figura 3.14 Mapa de erosión; época húmeda. a) tasa de cambio de la línea de costa b) clasificación del tipo de erosión Fuente:

Autoras (2022)



Erosión Costera, Época Seca

- | | |
|----------------------|--------------------|
| Tasa Erosión (m/año) | 0,91 < LRR <= 1,18 |
| -0,68 < LRR <= -0,42 | 1,18 < LRR <= 1,44 |
| -0,42 < LRR <= -0,15 | Línea base |
| -0,15 < LRR <= 0,11 | Google Hybrid |
| 0,11 < LRR <= 0,38 | |
| 0,38 < LRR <= 0,65 | |
| 0,65 < LRR <= 0,91 | |



Clasificación de Erosión, Época Seca

- | | |
|-------------|------------------------------------|
| | Tipo Erosión |
| Orange | Erosión Moderada (>-1 y < 0 m/año) |
| Light Green | Acreción Moderada (>0 y < 1 m/año) |
| Dark Green | Acreción Alta (>1 y < 2m/año) |
| Yellow | Línea Base |

Google Hybrid

Figura 3.15 Mapa de erosión; época seca. a) tasa de cambio de la línea de costa b) clasificación del tipo de erosión Fuente: Autoras

(2022)

3.4. Medidas de mitigación

De acuerdo con los resultados obtenidos se proponen 5 alternativas de mitigación, las cuales luego de calificarlas presentan los siguientes resultados (Tabla 3.9).

Tabla 3.9 Matriz de decisión de alternativas de mitigación

	Costo	Duración	Alcance	Sostenibilidad	Durabilidad	Total
	1	2	3	4	5	
Revegetalización de playas	4	6	12	20	20	62
Manejo integrado de la zona costera	4	6	12	16	20	58
Reutilización de material de dragado	3	8	9	12	15	47
Remodelación de acantilados	3	8	12	16	25	64
Protección y regeneración de corales	4	8	12	20	25	69

Una vez sumado la calificación de las alternativas de mitigación bajo los parámetros, se escogieron las alternativas con la calificación más alta, las cuales fueron: Revegetalización de playas, remodelación de acantilados, protección y regeneración de corales.

3.5. Análisis de Costos

Tabla 3.10 Listado de costos

Gastos	Items	Costo con patrocinio	Costo real
Licencias	QGIS	\$ -	\$ -
	ArcGIS	\$ -	\$ 2,000.00
	MIKE 21	\$ -	\$ 5,133.00
	Anaconda	\$ -	\$ -
	Jupyter Notebook	\$ -	\$ -
	MATLAB	\$ -	\$ 2,350.00
	Google Earth	\$ -	\$ -
	Google Earth Engine	\$ -	\$ -
Salida de Campo	Transporte	\$ 8.00	\$ 200.00
	Equipos de medición	\$ 18.00	\$ 10,772.63
	Bote	\$ -	\$ 100.00

Adquisición de imágenes	Satelitales	\$	-	\$	-
Mano de obra	Equipo logístico	\$	-	\$	420.00
	Voluntarios	\$	-	\$	-
	Procesamiento de imágenes	\$	-	\$	2,400.00
	Oceanógrafo Jr.	\$	-	\$	1,200.00
Total		\$	26.00	\$	24,575.63

En cuanto al costo del proyecto, se estima que para realizar una evaluación del proceso erosivo entre La zona de La Chocolatera y La Lobería se requeriría de un monto de 24,575.63 USD, por lo que se necesita adquirir las licencias de los programas que se utilizaron para el cálculo de erosión y el modelo computacional, también para poder cubrir los gastos de los equipos para mediciones de los parámetros oceanográficos y para cancelar al equipo logístico que acompaña al grupo de voluntarios en la toma de mediciones, así mismo se incluye el sueldo de cada integrante de este proyecto por el trabajo que conlleva desarrollar el procesamiento de las imágenes en la metodología.

Estos costos varían dependiendo del área a estudiar, considerando que la metodología empleada se puede replicar en cualquier zona costera.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- Se determinó la tasa de erosión de 1.05 m/año para el periodo de 2000-2019 y que durante la época húmeda (diciembre-mayo) se tuvo una mayor tasa de erosión con valores de 3.15 m/año. Estos resultados pueden darse dado a los cambios de perfil que se dan por la deriva litoral que es marcado por la estacionalidad, sin embargo, este proceso de cambio se puede visualizar más en las zonas de bahías y ensenadas donde la arena es transportada costa afuera durante época húmeda y depositada en época seca modificando su perfil de forma natural por los procesos de transporte. En las zonas de acantilados se evidencia el desprendimiento de la roca sin embargo el detectarlo desde imágenes satelitales resulta complejo dado a la resolución del satélite, a la cobertura de nubosidad puesto que si no se conoce el sitio desde el satélite se puede considerar las áreas donde las rocas están desprendidas como si fuese acreción, por lo que se debe hacer correcciones en la imagen previo al cálculo de la tasa de erosión.
- Se logró zonificar las zonas con mayor distribución de energía mediante el modelo de MIKE 21SW; las cuales son en las puntas de los acantilados de La Chocolatera y La Lobería. En el modelo se ingresaron datos referenciales para un periodo de 2008-2018 logrando conocer como es el oleaje que arriba a la zona y si este agente está relacionado con los procesos más marcados de erosión tanto en zonas de acantilados como en zonas de playa, en el modelo se marcaba más las áreas donde había mayor distribución de energía y las mismas coincidían con los puntos donde se identificaron las zonas de socavamiento y desprendimiento de acantilados, dado a la morfología según la teoría se concentra mayor energía en las puntas y existe una disipación de energía en las ensenadas. Así mismo en el modelo computacional se ingresaron datos de batimetría, los cuales mostraron que entre los veriles 0, 2 y 5 metros existía una distancia de separación menor entre ellos, reflejando así que su pendiente es mayor cerca de la zona de los

acantilados; por lo que la ola rompe con mayor energía en comparación a las ensenadas en donde la pendiente tiene más suavidad.

- Se estimó que las zonas donde se distribuye la energía del oleaje y se concentra cerca de los acantilados de La Chokolatera y La Lobería guardando una relación muy cercana, dado al deterioro de los mismo al existir evidencias de cuevas en la base del acantilado y desprendimientos de estos. El tipo de desprendimiento del acantilado se ve marcado por la fuerza del oleaje al romper y la fuerza de resistencia de la roca, por lo que es importante conocer la altura significativa del oleaje y considerar el nivel de marea, el aumento del nivel del mar y El Niño para determinar la máxima altura a la que rompe sobre la base de los acantilados.
- Las formas de erosión en el área de estudio se dieron de forma distinta, pues en La Chokolatera se formaron cuevas marinas por acción del oleaje como agente erosivo que desgasta la roca a mayor velocidad dependiendo de si la roca fracturada es más blanda y elevada. En La Lobería, se forman cuevas marinas de dimensiones menores que están elevadas a 1 m aproximadamente sobre el pie del acantilado, lo que a través del tiempo han producido arcos y chimeneas litorales en la plataforma de abrasión los cuales han sido consumidos por la acción del oleaje.
- Se concluye que las alternativas sostenibles con mayor calificación para el sitio son: 1) Revegetalización de playas, 2) remodelación de acantilados, 3) protección y 4) regeneración de corales. Cada alternativa presenta sus limitaciones basado en su metodología y aplicación. Para revegetalizar una playa se debe considerar el tipo de vegetación de dunas que se adapte a las condiciones climáticas, que no sean invasivas y no perjudiquen al ecosistema establecido en Mar Bravo, la función principal es mitigar la erosión permitiendo disminuir los cambios abruptos del perfil de playa que limita el proceso de anidación de tortugas marinas, también existe vegetación sobre los acantilados rocosos que le dan soporte al mismo. Con respecto a la remodelación de acantilados se plantea de forma descriptiva el uso de material de roca tipo coraza para ubicarla y sostener la base de acantilado y que el oleaje impacte sobre esas rocas evitando que estas golpeen directamente sobre la base del acantilado, actuando como un muro marginal, el mismo que sería ubicado en los sitios donde se identificaron las cuevas y los derrumbes, sin embargo, la factibilidad y viabilidad de esta propuesta estaría bajo evaluación. Finalmente; la protección y regeneración de corales se debe diseñar el tipo de

arrecife artificial que se adapte a las condiciones del sitio, además de que, al ser una zona de reserva, se tenga un levantamiento de la información de los sitios donde existan arrecifes naturales que se deban proteger, lo ideal es mantener aquellos sitios naturales e implementar los artificiales de tal forma que se forme una barrera que disipar la energía del oleaje.

4.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar un análisis geológico, geotécnico y de litología del sitio para clasificar y determinar la resistencia de las rocas desprendidas del acantilado.
- Se recomienda levantar datos mensuales de características litorales y veleteo tanto en época seca y húmeda.
- Se recomienda hacer un análisis de la mecánica del suelo entre La Chocolatera y La Lobería.
- Es recomendable ampliar el área de estudio para así dar una cobertura mayor al hito geológico de la Puntilla de Santa Elena, el cual se encuentra vulnerable a derrumbarse debido a la erosión en la zona.
- Se recomienda considerar dentro del Plan de Ordenamiento Territorial (PDOT) del cantón Salinas, el manejo integrado de la zona costera considerando la gestión de riesgos para el sitio dado al descubrimiento de los sitios de socavamiento y a la vulnerabilidad por desprendimientos de los acantilados.
- Se recomienda realizar un estudio de transporte litoral y batimetría más actual del sitio.
- Se recomienda considerar limitar el acceso de vehículos en los sitios de estacionamientos sobre el acantilado de La Chocolatera y así mismo controlar el uso de la zona de playa.

BIBLIOGRAFÍA

- Armijos, G., & Gutiérrez, H. (2021). Estudio De Susceptibilidad Ante La Erosión Costera Por Medio De Categorización De Variables Geológicas Y Oceanográficas Utilizando Sensores Remotos Y Sig. Caso De Estudio: Puntilla De Santa Elena Hasta Posorja. *Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar*, 104.
- Axis Ingeniería. (2013). *Implementación de un Sistema Telemétrico de Monitoreo de Playas: herramienta para el Manejo Costero*. Obtenido de http://www.beachpro.mx/sistema_de_monitoreo#:~:text=El%20M%C3%A9todo%20de%20Andrade%2C%20es,sujeta%20a%20%20estadales%20graduados.
- Ayón, H. (1988). *Grandes Rasgos Geomorfológicos de la Costa Ecuatoriana*. Serie Informes.
- Barion, G. E. (2020). Análisis de la dinámica y evolución costera en a region de la localidad de La Lobería, Rio Negro. Argentina: Universidad Nacional Rio Negro.
- Blázquez, E., & Díaz, M. (2006). *El manejo integrado de zonas costeras como alternativa para el desarrollo de la comunidad de aguadores*. Obtenido de Manejo integrado de zonas costeras: <https://www.redalyc.org/pdf/1813/181322792003.pdf>
- Bucheli, R., Cajas, J., & Hidalgo, P. (2019). *¿Es Calanus chilensis un indicador de la Corriente de Humboldt en el Pacífico ecuatoriano?* Obtenido de Acta Oceanográfica 23: https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta23/OCE23_3.pdf
- Castedo, R., Paredes, C., Vega-Panizo, R. d., & Santos, A. P. (2017). The Modelling of Coastal Cliffs and Future Trends.
- Chacón, M., & Hernández, J. (2009). *RAAE*. Obtenido de DESARROLLO DE UN PROTOTIPO GPS MONITOREADO OCEANOGRAFIA: https://rraae.cedia.edu.ec/Record/ESPOL_a7ae657ab5de06e2b260fad9c228d12

- Chavarría & Asociados. (2010). *Estudios básicos para instalar proyectos de maricultura oceánica en diez sitios cercanos a puertos pesqueros artesanales en el Ecuador*. Obtenido de https://issuu.com/telandweb/docs/anexo-4-corrientes_reporte2
- Comparar rocas. (2015). *Tipos de rocas: Coquinas*. Obtenido de <https://rocks.comparenature.com/es/coquina-roca/model-69-0>
- Cortez, J. L. (2010). *Manejo sustentable de puntos de interés geoturísticos (PIGT), sobre la base de la caracterización y evaluación, en la Península de Santa Elena*.
- EL UNIVERSO. (2014). Disminución de playa en Salinas causa incomodidad y propuestas. Salinas, Santa Elena, Ecuador. Obtenido de <https://www.eluniverso.com/noticias/2014/03/09/nota/2315986/disminucion-playa-salinas-causa-incomodidad-propuestas/>
- EOS DATA ANALYTICS. (2022). *Índice De Agua De Diferencia Normalizada*. Obtenido de EOS DATA ANALYTICS: <https://eos.com/es/make-an-analysis/ndwi/>
- ESA. (2013). *LANDSAT 8 MISSION DETAILS*. Obtenido de [https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/landsat-8-mission-details/#:~:text=Landsat%20\(formerly%20the%20Landsat,infrared%2C%20short%20wave%20infrared%2C%20and](https://landsat.gsfc.nasa.gov/satellites/landsat-8/landsat-8-mission-details/#:~:text=Landsat%20(formerly%20the%20Landsat,infrared%2C%20short%20wave%20infrared%2C%20and)
- Falcones, K., Rodríguez, A., Suárez, A., & Tigrero, D. (2020). *Informe sobre los tipos de formaciones de rocas sedimentarias de la Provincia de Santa Elena*. La Libertad: UPSE.
- Geotecnia Fácil. (2022). *Conglomerado roca: Definición y características*. Obtenido de <https://geotecniafacil.com/conglomerado-roca/>
- Gobierno Autónomo descentralizado Municipal del Cantón Salinas. (2014). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Salinas.
- Gutiérrez, H., & Armijos, G. .. (2021). ESTUDIO DE SUSCEPTIBILIDAD ANTE LA EROSIÓN COSTERA POR MEDIO DE CATEGORIZACIÓN DE VARIABLES GEOLÓGICAS Y OCEANOGRÁFICAS UTILIZANDO SENSORES REMOTOS Y SIG. CASO DE ESTUDIO: PUNTILLA DE SANTA ELENA HASTA POSORJA. Guayaquil.
- INOCAR. (2001). *Corriente De Humboldt*. Obtenido de CAPÍTULO 11: Oceanografía del Ecuador: http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/002342/inocar/pages/oceanografia/capitulo11/int_cap11_pag4.html#:~:text=Corriente%20De%20Humboldt

&text=Esta%20corriente%20fluye%20de%20sur,aguas%20son%20ricas%20en%20nutrientes.

- INOCAR. (2017). *Condiciones de oleaje, aguaje y precipitaciones en Santa Elena*. Obtenido de <https://www.inocar.mil.ec/web/index.php/noticias/751-condiciones-de-oleaje-aguaje-y-precipitaciones-en-santa-elena>
- Instituto Geográfico Militar. (1969). Base Topográfica: Hoja CT-MV-A 3487 del IGM. *Mapa Geológico del Ecuador. Escala 1:100000*. Ecuador.: Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Dirección General de Geología y Minas.
- Jon, B., Ayon, H., Robadue, D., Vásconez, J., & Noboa, R. (1994). Características de la línea costera del Ecuador y recomendaciones para su manejo. Obtenido de https://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNABW182.pdf
- Kraus, N. (2005). *Beach Profile*. Obtenido de https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/1-4020-3880-1_37#:~:text=The%20term%20%E2%80%9Cbeach%20profile%E2%80%9D%20refers,to%20and%20from%20the%20beach.
- LA DRAGAGGI s.r.l. (2021). *Construcción y manutención de acantilados*. Obtenido de <https://www.ladragaggi.it/es/portfolio/costruzione-e-manutenzione-scogliere/>
- Landsat Missions. (Diciembre de 2019). *Landsat 7 Data Users Handbook*. Obtenido de <https://www.usgs.gov/media/files/landsat-7-data-users-handbook>
- Landsat Missions. (2022). *Landsat 7*. Obtenido de <https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-7#news>
- Ley, C., Gallego, J., & Vidal, C. (2007). *Manual de restauración de dunas costeras*. Obtenido de Revegetalización de dunas costeras: <http://www.upv.es/contenidos/CAMUNISO/info/U0652461.pdf>
- Marcominii, S. C., & López, R. A. (2010). *Erosión y manejo costero en Las Toninas, Partido de la costa, Provincia de Buenos Aires*. Obtenido de <http://www.scielo.org.ar/pdf/raga/v66n4/v66n4a06.pdf>
- Martínez, F. (2003). *Metodología y criterios para el desarrollo de un sistema integrado de información meteorológica y oceanográfica para la navegación*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/94315/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Met Office. (2017). *How we measure wind*. Obtenido de <https://www.metoffice.gov.uk/weather/guides/observations/how-we-measure-wind>

- Meteoblue. (2015). *Viento*. Obtenido de <https://content.meteoblue.com/es/especificaciones/origen-de-los-datos/mediciones/viento>
- Minerales de Colección. (2018). *Niquelina*. Obtenido de <https://mineral-s.com/niquelina>
- Minerología . (2019). *Calcita*. Obtenido de <https://www.ehu.es/mineralogiaoptica/calcita.html>
- Ministerio del Ambiente. (2020). Sistema Nacional de Áreas Protegidas Del Ecuador. Salinas, Ecuador: Fundación Ecológica Bioeducar y Conservación Internacional Ecuador. Obtenido de Plan de Manejo Reserva de Producción de Fauna Marino Costera Puntilla de Santa Elena.: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/Acuerdo-Ministerial-Nro.-MAE-2020-006.pdf>
- Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica . (2014). *La Chocolatera, la punta más saliente de la costa ecuatoriana*. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/la-chocolatera-la-punta-mas-saliente-de-la-costa-ecuatoriana/>
- Moncayo, D., & Ger, G. (2019). *Caracterización de las condiciones oceanográficas presentes en la playa de Ballenita - Provincia de Santa Elena, con énfasis en la estructura “El Mirador”, mediante el análisis de procesos costeros dominantes y cambios de perfiles de playa*. Obtenido de Proyecto Integrador: <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/2513d167-40af-4c18-a91a-26326e627845/D-76658.pdf>
- Nassar, a., Mahmood, W. E., Fath, H., Masria, A., KazuoNadaoka, & Negm, A. (2018). *Shoreline change detection using DSAS technique:Case of North Sinai coast, Egypt*. Marine Georesources & Geotechnology.
- Netinbag. (s.f.). *¿Qué es un nivel de Abney?* Obtenido de <https://www.netinbag.com/es/manufacturing/what-is-an-abney-level.html>
- Okuda, T., Trejos, R., Valencia, M., & Rodríguez , A. (1983). *Variación estacional de la posición del frente Ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales Ecuatorianas*. Guayaquil: Acta oceanográfica del Pacífico. INOCAR.
- Okuda, T., Trejos, R., Valencia, M., & Rodríguez, A. (1983). *Acta oceanográfica del Pacífico*. Obtenido de Variación estacional de la posición del frente ecuatorial y su efecto sobre la fertilidad de las aguas superficiales ecuatorianas: https://www.inocar.mil.ec/web/phocadownloadpap/actas_oceanograficas/acta2_1/OCE201_4.pdf

- ONU Desarrollo. (2019). *La innovación ayuda a reconstruir el arrecife de coral de Belice*. Obtenido de <https://pnud.medium.com/la-innovaci%C3%B3n-ayuda-a-reconstruir-el-arrecife-de-coral-en-belice-cb8f6d42d4bf>
- Ormaza, F. (2019). *Estación D. Salinas*.
- Osorio, A. (2020). ¿Qué es la erosión costera y cómo afecta la mano del hombre en su aparición? *Periódico UNAL*.
- Pérez, D. (2020). *Folleto informativo conductividad eléctrica*. Obtenido de https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf
- Prasetya, G. (2007). *The role of coastal forests and trees in protecting against coastal erosion*. Obtenido de <https://www.fao.org/3/ag127e/ag127e09.htm>
- Programa de Desarrollo de la Península de Santa Elena. (2004). *ESTUDIO Y DISEÑO PRELIMINAR DE ALTERNATIVAS PARA RECUPERACIÓN*. Obtenido de <http://www.pdpse.espol.edu.ec/documentos/proyectos/salinas/proyectos/geologia2004/geologia.pdf>
- Pugh, S. (1990). *Matriz de decisiones*. Obtenido de <https://asana.com/es/resources/decision-matrix-examples>
- QGIS. (2014). *Datos Raster*. Obtenido de https://docs.qgis.org/2.14/es/docs/gentle_gis_introduction/raster_data.html
- Rocas. (2015). *Argilitas*. Obtenido de <https://www.definiciones-de.com/Definicion/de/argilita.php>
- Rozas, F., Castillo, A., Martínez, I., & Castellote, M. (2018). *Congreso Iberoamericano de Hormigón autocompactante y hormigones especiales*. Obtenido de Reutilización de material de dragado: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/101341/5637-20341-1-PB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Secretaría General Técnica del Ministerio de Medio Ambiente. (2008). *Guía metodológica para la instalación de arrecifes artificiales*. Obtenido de https://www.miteco.gob.es/es/costas/temas/proteccion-medio-marino/Gu%C3%ADa%20metodol%C3%B3gica%20para%20la%20instalaci%C3%B3n%20de%20arrecifes%20artificiales_tcm30-157012.pdf
- Secretaría Técnica Planifica Ecuador. (2020). *Plan de ordenamiento del Espacio Marino Costero 2017-2030*. Quito, Ecuador.

- Sigler, A., & Bauder, J. (2020). *Alcalinidad, pH, y sólidos disueltos totales*. Obtenido de http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf
- Soledispa, B. (2008). *Características Geomorfológicas y Sedimentológicas de la Bahía de Santa Elena*. INOCAR.
- Tarback, E. J., & Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra. Una introducción a la geología física*. Madrid: Pearson Education S.A.
- The European Space Agency. (2015). *SENTINEL 2*. Obtenido de https://www.esa.int/Space_in_Member_States/Spain/SENTINEL_2
- Vargas, N. (2021). Evaluación del proceso erosivo en Subida Alta, Puná y sensibilización de la amenaza ante la comunidad. *Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar*, 104.
- Vazquez. (2017). *Rocas Sedimentarias*. Obtenido de <https://usuarios.geofisica.unam.mx/gvazquez/yacimientosELIA/zonadesplegar/Clases/Clase%205%20Rocas%20sedimentarias.pdf>
- Vera, L., Lucero, M., & Mindiola, M. (2009). CARACTERIZACIÓN OCEANOGRÁFICA DE LA COSTA CENTRAL ECUATORIANA ENTRE LA PUNTA DEL MORRO Y JARAMIJÓ, ECUADOR. *ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO*. VOL. 15, Nº 1, 4.
- Viajando. (2008). *La Chocolatera*. Obtenido de <https://ec.viajandox.com/salinas/la-chocolatera-A633>
- Weather Spark. (2022). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Santa Elena*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/18289/Clima-promedio-en-Santa-Elena-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

APÉNDICES

APÉNDICE A: CÓDIGOS DE PROGRAMACIÓN UTILIZADOS

6.1.1. Código MATLAB (WAVEWATCH III)

```
link='http://apdrc.soest.hawaii.edu:80/dods/public_data/Model_output/WAVEWATCH
H_III/3hourly';

% atributos
ncdisp(link);

% longitud, latitud
lo=ncread(link, 'lon');
la=ncread(link, 'lat');

% generando los vectores columna "full" para lo, la
[lom, lam]=meshgrid(lo, la);

lom=reshape(lom, 157*288, 1);
lam=reshape(lam, 157*288, 1);

% graficando la linea de costa
%
coastmap([277, 283, -5, 2], 'nofill', 1, 'ecu_hr2'), hold on,
plot(lom, lam, 'r*')

% elegir el punto de grilla mas cercano es a su zona de interes, ejemplo:
[278.8, -2] --> [278.75, -2]

% antes, extraemos el eje de tiempo
tim=ncread(link, 'time');

% id de posicion
% Ubicar el punto identificado en la grilla, para que solo se extraiga la
información de ese unico punto
ixlo=find(lo==278.75);
ixla=find(la==3);

% altura significativa --> htsgwsfc
%      Size:          288x157x65256
%      Dimensions: lon, lat, time
%
%                               start,          count
w_hsig=ncread(link, 'htsgwsfc', [ixlo, ixla, 1], [1, 1, Inf]);
w_hsig=squeeze(w_hsig); %eliminar las dimensiones unitarias

% [qc] hsig --> [0,5] "control de datos"
%      cualquier valor fuera de este rango sera [NaN]
ixhsig=find(w_hsig>5 | w_hsig<0);
w_hsig(ixhsig)=NaN;

% grafica preliminar
plot(tim, w_hsig); datetick,

% -----
```

```

% periodo --> perpwsfc
%   Size:      288x157x65256
%   Dimensions: lon,lat,time
%
%                               start,      count
w_per=ncread(link,'perpwsfc',[ixlo,ixla,1],[1,1,Inf]);
w_per=squeeze(w_per);

% [qc] per --> [0,25]
%   cualquier valor fuera de este rango sera [NaN]
ixper=find(w_per>25 | w_per<0);
w_per(ixper)=NaN;

% grafica preliminar
plot(tim,w_per); datetick,

% -----

% direccion oleaje --> dirpwsfc
%   Size:      288x157x65256
%   Dimensions: lon,lat,time
%
%                               start,      count
w_theta=ncread(link,'dirpwsfc',[ixlo,ixla,1],[1,1,Inf]);
w_theta=squeeze(w_theta);

% [qc] theta --> [0,360]
%   cualquier valor fuera de este rango sera [NaN]
ixtheta=find(w_theta>360 | w_theta<0);
w_theta(ixtheta)=NaN;

% grafica preliminar
plot(tim,w_theta); datetick,

% -----

% decimar, solo tomar un dato por día-a
wd_tim=tim(1:8:end);
wd_hsig=w_hsig(1:8:end);
wd_per=w_per(1:8:end);
wd_theta=w_theta(1:8:end);

%-----viento
uu=ncread(link,'ugrdsfc',[ixlo,ixla,1],[1,1,Inf]);
uu=squeeze(uu);
vv=ncread(link,'vgrdsfc',[ixlo,ixla,1],[1,1,Inf]);
vv=squeeze(vv);

ww=sqrt(uu.^2+vv.^2);
wwdir=atan2d(vv,uu);
wwdir=wwdir+180;

%Grafico de viento
Options = {'anglenorth',0,'angleeast',90,'labels',{'N (0°)','E (90°)','S
(180°)','W(270°)'},'freqlabelangle',45,'cmap','invjet','lablegend','Velocidad
de Viento [m/s]','TitleString',{'Rosa de viento';'Posición de la boya
[278.75,-3]';'Período: 1996-2018'}};
[figure_handle,count,speeds,directions,Table] = WindRose(wwdir,ww,Options);

```

```

%Grafico de oleaje
Options = {'anglenorth',0,'angleeast',90,'labels',{'N (0°)', 'E (90°)', 'S
(180°)', 'W(270°)'}, 'freqlabelangle',45,'cmap','invjet','lablegend','Altura
Significativa [m]', 'TitleString',{'Rosa de oleaje'; 'Posición de la boya
[278.75,-3]'; 'Período: 1996-2018'}};
[figure_handle,count,speeds,directions,Table] =
WaveRose(w_theta,w_hsig,Options);
%Descargar data
data_oleaje_SantaElena = [tim,datevec(tim),w_hsig,w_per,w_theta,ww,wwdir];
csvwrite('data_oleaje_SantaElena_27875_-3.csv',data_oleaje_SantaElena);

```

6.1.2. Código GEE

```

//data disponible desde 1999-05-28T01:02:17Z-2022-04-06T14:30:01

var dataset = ee.ImageCollection('LANDSAT/LE07/C02/T1_L2')
  .filterDate('1999-05-28', '2022-07-31')
  .filter(ee.Filter.lt('CLOUD_COVER',20))
  .filterBounds(geometry)
  .map(applyScaleFactors);

print(dataset)

// Applies scaling factors.
function applyScaleFactors(image) {
  var opticalBands = image.select(['SR_B.']).multiply(0.0000275).add(-0.2);
  var thermalBand = image.select('ST_B6').multiply(0.00341802).add(149.0);
  return image.addBands(opticalBands, null, true)
    .addBands(thermalBand, null, true);
}

var Landsat7Filtro = ee.Image('LANDSAT/LE07/C02/T1_L2/LE07_011062_20160730');
var image2 = Landsat7Filtro.clip (geometry);

var green= image2.select(['SR_B2']);
var nir= image2.select(['SR_B4']);
var ndwi = green.subtract(nir).divide(green.add(nir)).rename('NDWI');
var ndwiParams={min:-1, max:2,palette:['black','white','blue']};

print(Landsat7Filtro)
var visualization = {
  bands: ['SR_B3', 'SR_B2', 'SR_B1'],
  min: 5000.0,
  max: 30000,
};

Map.addLayer(image2, visualization, 'True Color (321)');
Map.addLayer(ndwi, ndwiParams)
Map.setCenter(-81.0, -2.20, 12);

Export.image.toDrive({
  image:image2.select(['SR_B3', 'SR_B2', 'SR_B1']),
  description:'LANDSAT/LE07/C02/T1_L2/LE07_011062_20030508',
  scale:30,
  region: geometry,

```

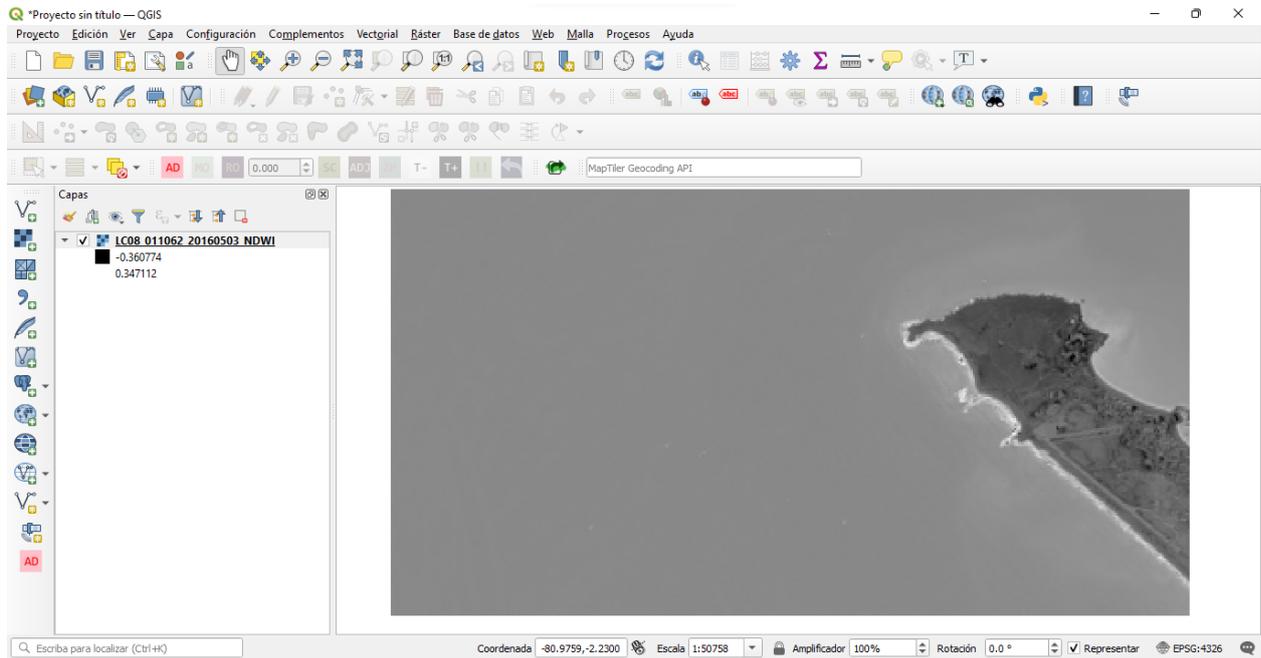
```
    fileFormat: 'GeoTIFF'
  });

Export.image.toDrive({
  image:ndwi,
  description:'LANDSAT/LE07/C02/T1_L2/LE07_011062_20030508_NDWI',
  scale:30,
  region: geometry,
  fileFormat: 'GeoTIFF'
});

Export.table.toDrive({
  collection:dataset,
  description:'landsat7',
  fileFormat: 'CSV'});
```

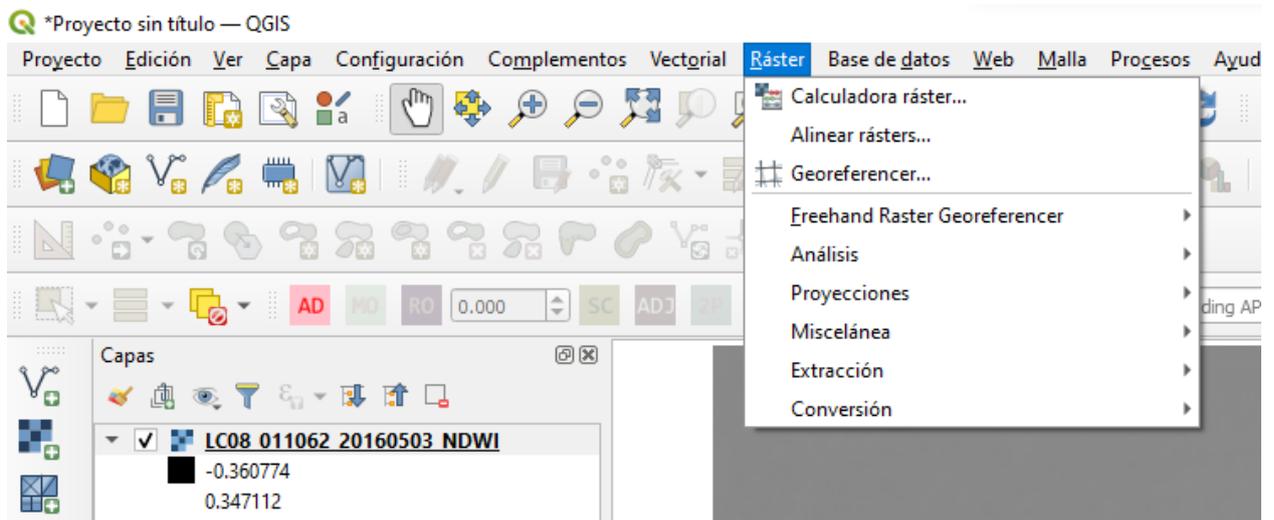
APÉNDICE B: EXTRACCIÓN DE LÍNEA DE COSTA MEDIANTE QGIS

Paso 1



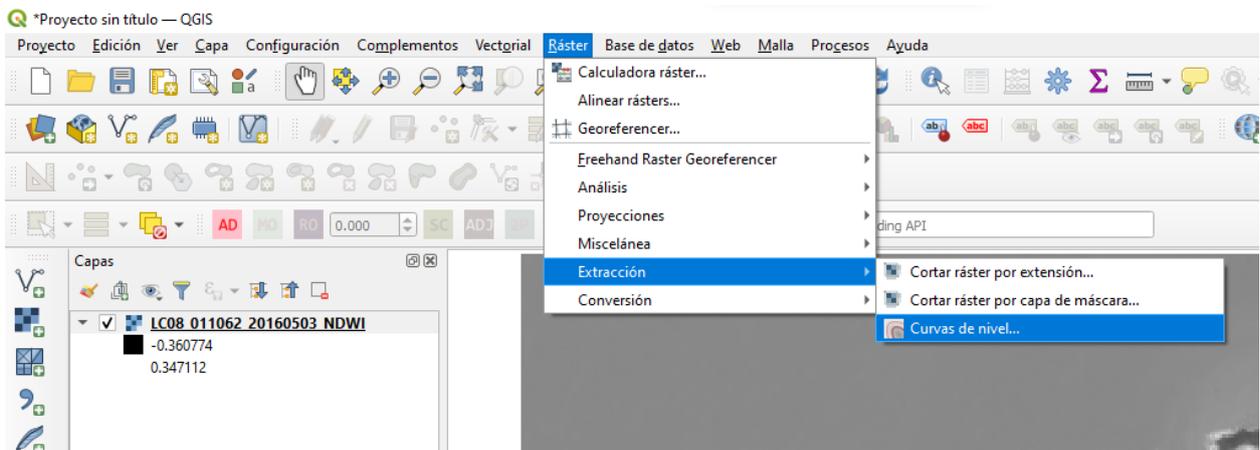
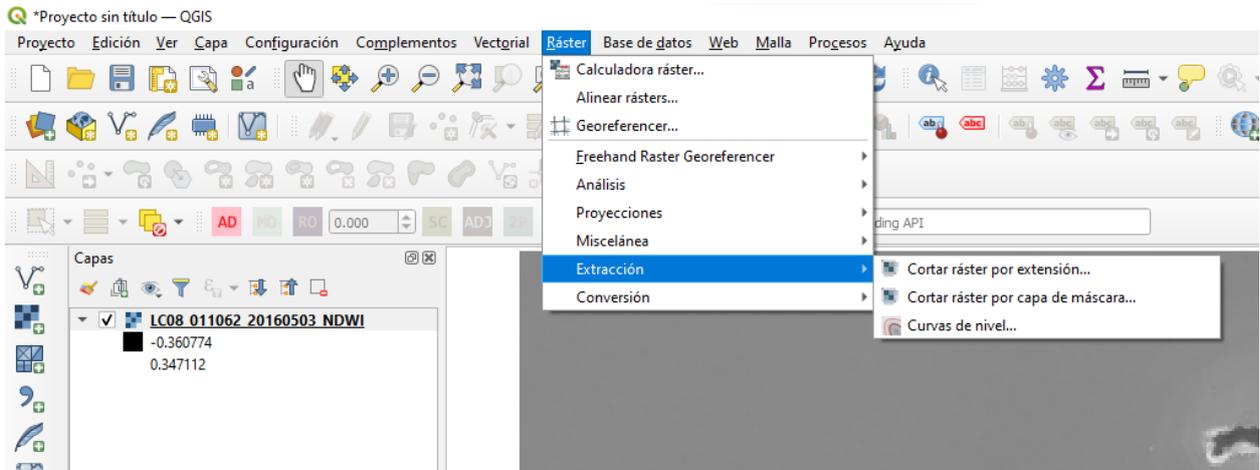
Escoger la imagen del satélite con el filtro NDWI aplicado.

Paso 2



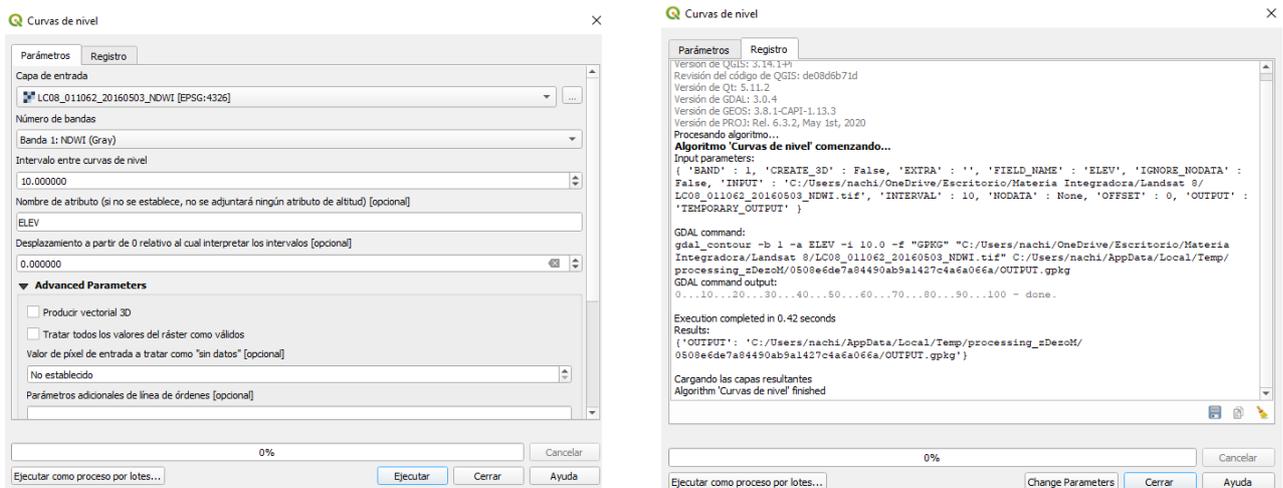
Seleccionar la herramienta *ráster* para trabajar en la imagen.

Paso 3



Una vez seleccionada la herramienta ráster, se procede a realizar la extracción de la línea de costa mediante curvas de nivel.

Paso 4



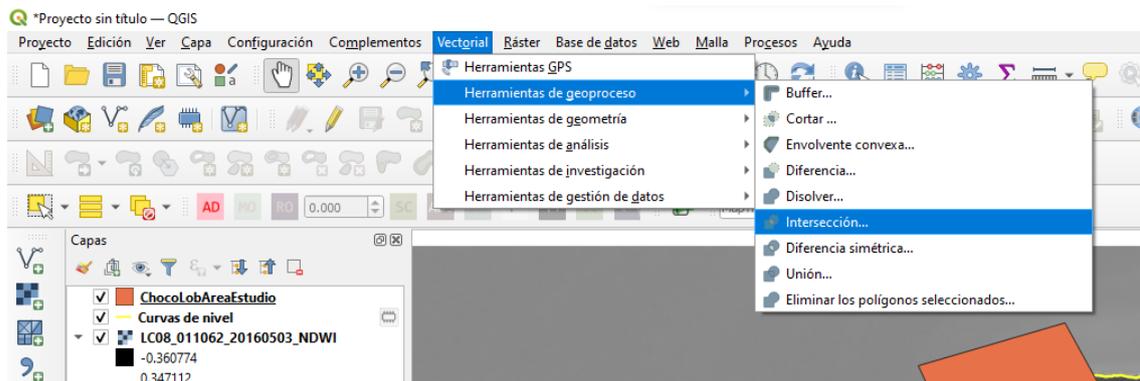
Al seleccionar la extracción de líneas por curvas de nivel, se establecen los parámetros por default y se ejecuta la herramienta.

Paso 5

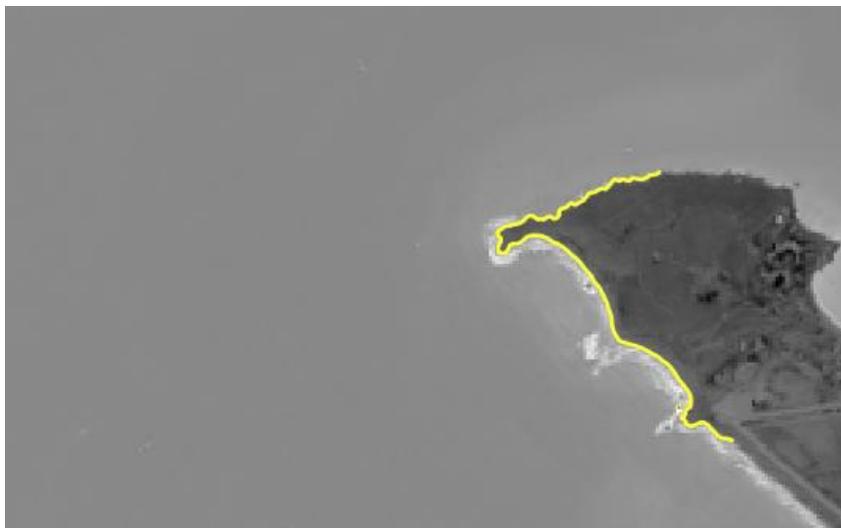


Una vez aplicada la herramienta, se obtiene un shape de líneas el cual una vez se exporta dicho shape, se procede a recortar y seleccionar solo el área de estudio.

Para ello, se realiza un polígono el cual encierre el área de estudio y se usa la herramienta *vectorial* para extraer solo el área de estudio.



Una vez seleccionada la herramienta se obtiene un shape del área de estudio con el que se trabajará.



APÉNDICE C: RESULTADOS DE DSAS

Tabla 6.1 Resultados DSAS Época Húmeda. Fuente: Autoras (2022)

FID	Shape	Azimuth	ShrCount	TCD	SHAPE_Leng	SCE	NSM	EPR	EPRunc	LRR	LR2	LSE	LCI95	WLR	WR2	WSE	WCI95
0	Polyline	175.147013	5	1350	175	11.509133	3.012173	0.167108	2.353714	0.407825	0.497818	3.858964	0.75261	0.407825	0.497818	0.128632	0.75261
1	Polyline	168.702663	5	1400	175	18.346748	3.136204	0.173989	2.353714	0.633522	0.417152	7.054943	1.375918	0.633522	0.417152	0.235165	1.375918
2	Polyline	163.705919	5	1450	175	19.150468	-1.329116	-0.073736	2.353714	0.188099	0.03717	9.019195	1.759004	0.188099	0.03717	0.30064	1.759004
3	Polyline	162.033066	5	1500	175	16.006274	-3.562533	-0.197641	2.353714	0.043512	0.002338	8.468159	1.651536	0.043512	0.002338	0.282272	1.651536
4	Polyline	158.700633	5	1550	175	15.705779	-3.818113	-0.21182	2.353714	0.050862	0.00361	7.961204	1.552665	0.050862	0.00361	0.265373	1.552665
5	Polyline	140.230644	5	1600	175	15.601876	-6.92025	-0.383919	2.353714	0.07337	0.01029	6.778908	1.322083	0.07337	0.01029	0.225964	1.322083
6	Polyline	116.708581	5	1650	175	11.553345	-11.553345	-0.640951	2.353714	-0.31174	0.349424	4.007438	0.781567	-0.31174	0.349424	0.133581	0.781567
7	Polyline	105.554875	5	1700	175	13.428555	-3.60564	-0.200032	2.353714	0.157785	0.053757	6.236631	1.216324	0.157785	0.053757	0.207888	1.216324
8	Polyline	80.669107	5	1750	175	24.910162	-9.411567	-0.522131	2.353714	-0.392256	0.079319	12.590372	2.455487	-0.392256	0.079319	0.419679	2.455487
9	Polyline	60.203738	5	1800	175	15.84155	-0.909986	-0.050484	2.353714	-0.219355	0.074886	7.263524	1.416598	-0.219355	0.074886	0.242117	1.416598
10	Polyline	19.606086	5	1850	175	21.412303	-1.042769	-0.05785	2.353714	-0.394601	0.146201	8.983831	1.752107	-0.394601	0.146201	0.299461	1.752107
11	Polyline	346.978936	5	1900	175	37.253023	-16.156611	-0.896329	2.353714	-1.347609	0.573295	10.953169	2.136185	-1.347609	0.573295	0.365106	2.136185
12	Polyline	331.796336	5	1950	175	47.843507	-39.662508	-2.200379	2.353714	-2.168946	0.641577	15.272963	2.97867	-2.168946	0.641577	0.509099	2.97867
13	Polyline	326.412916	5	2000	175	34.561492	-24.108558	-1.337484	2.353714	-1.470625	0.648357	10.203444	1.989967	-1.470625	0.648357	0.340115	1.989967
14	Polyline	335.52399	5	2050	175	41.034772	-31.365925	-1.740105	2.353714	-1.791109	0.63902	12.682581	2.473471	-1.791109	0.63902	0.422753	2.473471
15	Polyline	336.348092	5	2100	175	50.575746	-26.952936	-1.495283	2.353714	-1.922294	0.574546	15.584211	3.039373	-1.922294	0.574546	0.519474	3.039373
16	Polyline	339.105508	5	2150	175	54.774367	4.056043	0.225019	2.353714	-1.200872	0.177434	24.359331	4.750775	-1.200872	0.177434	0.811978	4.750775
17	Polyline	353.594987	5	2200	175	53.793249	17.133349	0.950516	2.353714	-0.745092	0.067297	26.132736	5.09664	-0.745092	0.067297	0.871091	5.09664
18	Polyline	4.092074	5	2250	175	42.973712	-24.278344	-1.346903	2.353714	-1.685247	0.617037	12.507999	2.439422	-1.685247	0.617037	0.416933	2.439422
19	Polyline	12.490177	5	2300	175	40.867075	-23.620021	-1.310381	2.353714	-1.431484	0.478939	14.066695	2.743413	-1.431484	0.478939	0.46889	2.743413
20	Polyline	19.862315	5	2350	175	29.95008	-29.640427	-1.644379	2.353714	-1.451861	0.748901	7.920206	1.54467	-1.451861	0.748901	0.264007	1.54467
21	Polyline	23.357595	5	2400	175	30.309815	-30.309815	-1.681515	2.353714	-1.29532	0.82061	5.705698	1.112776	-1.29532	0.82061	0.19019	1.112776
22	Polyline	27.57094	5	2450	175	25.485551	-25.485551	-1.413876	2.353714	-1.012008	0.610434	7.616517	1.485441	-1.012008	0.610434	0.253884	1.485441
23	Polyline	34.471502	5	2500	175	27.210684	-27.210684	-1.509583	2.353714	-0.858616	0.336735	11.352723	2.21411	-0.858616	0.336735	0.378424	2.21411

24	Polyline	39.965784	5	2550	175	28.089586	-28.089586	-1.558342	2.353714	-0.984156	0.481694	9.617726	1.875735	-0.984156	0.481694	0.320591	1.875735
25	Polyline	41.333599	5	2600	175	30.694792	-30.694792	-1.702872	2.353714	-1.127084	0.612373	8.448055	1.647615	-1.127084	0.612373	0.281602	1.647615
26	Polyline	45.789937	5	2650	175	16.782999	-14.76057	-0.81888	2.353714	-0.808911	0.812504	3.660881	0.713978	-0.808911	0.812504	0.122029	0.713978
27	Polyline	45.460417	5	2700	175	14.425162	-7.521185	-0.417257	2.353714	-0.590641	0.619582	4.3602	0.850365	-0.590641	0.619582	0.14534	0.850365
28	Polyline	40.966276	5	2750	175	14.965597	-14.953325	-0.829574	2.353714	-0.534951	0.484549	5.198042	1.013769	-0.534951	0.484549	0.173268	1.013769
29	Polyline	50.191712	5	2800	175	22.911335	-20.009073	-1.110055	2.353714	-0.76711	0.483098	7.475582	1.457955	-0.76711	0.483098	0.249186	1.457955
30	Polyline	48.695141	5	2850	175	24.199893	-24.199893	-1.342551	2.353714	-1.17422	0.849037	4.664696	0.909751	-1.17422	0.849037	0.15549	0.909751
31	Polyline	54.788349	5	2900	175	24.47791	-24.47791	-1.357975	2.353714	-1.399374	0.908169	4.192232	0.817607	-1.399374	0.908169	0.139741	0.817607
32	Polyline	58.211652	5	2950	175	28.650249	-26.546352	-1.472727	2.353714	-1.29078	0.771606	6.616038	1.290319	-1.29078	0.771606	0.220535	1.290319
33	Polyline	56.338882	5	3000	175	30.582314	-28.379063	-1.574401	2.353714	-1.458393	0.80333	6.798271	1.32586	-1.458393	0.80333	0.226609	1.32586
34	Polyline	65.864567	5	3050	175	30.614671	-30.614671	-1.698427	2.353714	-1.489805	0.828233	6.391814	1.246589	-1.489805	0.828233	0.21306	1.246589
35	Polyline	67.075018	5	3100	175	31.690871	-31.209456	-1.731425	2.353714	-1.702585	0.954815	3.489389	0.680532	-1.702585	0.954815	0.116313	0.680532
36	Polyline	75.322938	5	3150	175	46.254078	-27.639139	-1.533352	2.353714	-2.028196	0.761386	10.696879	2.086201	-2.028196	0.761386	0.356563	2.086201
37	Polyline	77.569149	5	3200	175	55.174271	-26.569014	-1.473984	2.353714	-2.119865	0.656877	14.434175	2.815082	-2.119865	0.656877	0.481139	2.815082
38	Polyline	76.257727	5	3250	175	62.271667	-39.878588	-2.212367	2.353714	-2.603345	0.761845	13.712918	2.674416	-2.603345	0.761845	0.457097	2.674416
39	Polyline	77.759106	5	3300	175	50.476072	-40.807466	-2.263899	2.353714	-2.342477	0.853543	9.141521	1.782861	-2.342477	0.853543	0.304717	1.782861
40	Polyline	72.892553	5	3350	175	48.188416	-24.099339	-1.336973	2.353714	-2.137238	0.723894	12.435269	2.425238	-2.137238	0.723894	0.414509	2.425238
41	Polyline	67.977432	5	3400	175	60.470227	-31.729387	-1.760269	2.353714	-2.410414	0.647811	16.743924	3.26555	-2.410414	0.647811	0.558131	3.26555
42	Polyline	58.836303	5	3450	175	52.749358	-7.370762	-0.408912	2.353714	-1.456306	0.37048	17.884481	3.487992	-1.456306	0.37048	0.596149	3.487992
43	Polyline	45.47675	5	3500	175	23.336974	7.31224	0.405665	2.353714	-0.289375	0.068101	10.084892	1.966846	-0.289375	0.068101	0.336163	1.966846
44	Polyline	35.885747	5	3550	175	30.21451	-8.736766	-0.484695	2.353714	-0.552058	0.16461	11.716636	2.285084	-0.552058	0.16461	0.390555	2.285084
45	Polyline	26.882035	5	3600	175	40.943268	-27.636068	-1.533182	2.353714	-2.06743	0.759198	10.969458	2.139362	-2.06743	0.759198	0.365649	2.139362
46	Polyline	21.847511	5	3650	175	39.745228	-37.258888	-2.067032	2.353714	-2.154695	0.894053	6.987941	1.362851	-2.154695	0.894053	0.232931	1.362851
47	Polyline	21.889121	5	3700	175	50.924894	-46.672607	-2.589283	2.353714	-2.259367	0.773561	11.516384	2.246028	-2.259367	0.773561	0.383879	2.246028
48	Polyline	25.769295	5	3750	175	49.056483	-43.533809	-2.41515	2.353714	-2.178039	0.778976	10.930103	2.131687	-2.178039	0.778976	0.364337	2.131687
49	Polyline	29.185567	5	3800	175	49.708952	-43.865976	-2.433578	2.353714	-1.937767	0.656953	13.192046	2.572831	-1.937767	0.656953	0.439735	2.572831
50	Polyline	32.893297	5	3850	175	42.76807	-39.055662	-2.166713	2.353714	-1.755125	0.696011	10.92773	2.131224	-1.755125	0.696011	0.364258	2.131224
51	Polyline	37.158103	5	3900	175	48.980742	-44.316454	-2.458569	2.353714	-2.056772	0.726805	11.879952	2.316935	-2.056772	0.726805	0.395998	2.316935
52	Polyline	39.21757	5	3950	175	31.660146	-26.486175	-1.469389	2.353714	-1.601127	0.780654	7.995827	1.559418	-1.601127	0.780654	0.266528	1.559418

53	Polyline	42.788823	5	4000	175	30.055942	-22.702193	-1.259462	2.353714	-1.438768	0.757847	7.662084	1.494328	-1.438768	0.757847	0.255403	1.494328
54	Polyline	46.843787	5	4050	175	31.868742	-22.616192	-1.254691	2.353714	-1.417636	0.765444	7.393206	1.441889	-1.417636	0.765444	0.24644	1.441889
55	Polyline	50.157023	5	4100	175	30.076364	-30.076364	-1.668563	2.353714	-1.701078	0.873402	6.101446	1.189959	-1.701078	0.873402	0.203382	1.189959
56	Polyline	53.97965	5	4150	175	44.939079	-42.192678	-2.340747	2.353714	-2.089622	0.773319	10.658543	2.078725	-2.089622	0.773319	0.355285	2.078725
57	Polyline	57.192305	5	4200	175	38.442345	-38.442345	-2.132688	2.353714	-2.084834	0.817706	9.27386	1.808671	-2.084834	0.817706	0.309129	1.808671
58	Polyline	60.746184	5	4250	175	43.160066	-32.231614	-1.788131	2.353714	-1.924067	0.841368	7.870878	1.535049	-1.924067	0.841368	0.262363	1.535049
59	Polyline	65.708795	5	4300	175	45.463271	-38.635045	-2.143378	2.353714	-1.937034	0.809788	8.844459	1.724926	-1.937034	0.809788	0.294815	1.724926
60	Polyline	74.178876	5	4350	175	55.618659	-54.484374	-3.02266	2.353714	-2.776872	0.892917	9.05967	1.766898	-2.776872	0.892917	0.301989	1.766898
61	Polyline	89.119176	5	4400	175	53.727992	-52.018028	-2.885834	2.353714	-3.145511	0.916632	8.937033	1.74298	-3.145511	0.916632	0.297901	1.74298
62	Polyline	102.489277	5	4450	175	42.975363	-32.599098	-1.808519	2.353714	-2.1681	0.810798	9.867032	1.924357	-2.1681	0.810798	0.328901	1.924357
63	Polyline	116.325284	5	4500	175	26.257816	-18.14855	-1.006837	2.353714	-1.129857	0.655873	7.71035	1.503742	-1.129857	0.655873	0.257012	1.503742
64	Polyline	107.390735	5	4550	175	19.92186	-14.539346	-0.806608	2.353714	-0.773372	0.485612	7.498783	1.46248	-0.773372	0.485612	0.249959	1.46248
65	Polyline	75.878454	5	4600	175	42.323851	-42.323851	-2.348024	2.353714	-1.413431	0.431902	15.271961	2.978475	-1.413431	0.431902	0.509065	2.978475
66	Polyline	26.35171	5	4650	175	20.630339	-14.645518	-0.812498	2.353714	-0.622989	0.456435	6.404986	1.249158	-0.622989	0.456435	0.2135	1.249158
67	Polyline	8.698584	5	4700	175	19.911261	-16.289256	-0.903688	2.353714	-0.703167	0.578473	5.65498	1.102885	-0.703167	0.578473	0.188499	1.102885
68	Polyline	4.940556	5	4750	175	16.143157	-9.086851	-0.504116	2.353714	-0.460343	0.420366	5.092683	0.993221	-0.460343	0.420366	0.169756	0.993221
69	Polyline	13.18928	5	4800	175	22.222139	-0.696519	-0.038641	2.353714	-0.225002	0.036982	10.817074	2.109643	-0.225002	0.036982	0.360569	2.109643
70	Polyline	25.916506	5	4850	175	15.892311	-8.661358	-0.480511	2.353714	-0.288491	0.135287	6.871322	1.340107	-0.288491	0.135287	0.229044	1.340107
71	Polyline	31.112594	5	4900	175	22.030152	-17.330126	-0.961433	2.353714	-0.527569	0.253119	8.537746	1.665108	-0.527569	0.253119	0.284592	1.665108
72	Polyline	30.847612	5	4950	175	18.654165	-12.055002	-0.668782	2.353714	-0.229353	0.065397	8.168461	1.593087	-0.229353	0.065397	0.272282	1.593087
73	Polyline	29.471833	5	5000	175	11.936724	-6.80214	-0.377366	2.353714	-0.27956	0.286133	4.160081	0.811336	-0.27956	0.286133	0.138669	0.811336

Tabla 6.2 Resultados DSAS Época seca. Fuente: Autoras (2022)

FID	Shape	Azimuth	ShrCount	TCD	SHAPE_Leng	SCE	NSM	EPR	EPRunc	LRR	LR2	LSE	LCI95	WLR	WR2	WSE	WCI95
0	Polyline	175,147,013,382	6	1350	175,000,000,001	208,418,243,427	106,618,275,151	0.629803557938	250,616,528,548	0.775876058049	0.485672881959	738,455,612,346	110,840,692,467	0.775876058045	0.485672881957	0.246151870783	0.880158967673
1	Polyline	168,702,662,917	6	1400	175,000,000,005	204,259,269,792	116,205,448,221	0.686435835114	250,616,528,548	0.478648477052	0.36303307767	586,389,632,695	0.880158967674	0.478648477049	0.363033077668	0.195463210899	0.880158967673
2	Polyline	16,370,591,907	6	1450	175,000,000,001	105,347,158,744	60,279,116,829	0.356074061362	250,616,528,548	0.30268374828	0.372462980288	363,372,019,496	0.545414045081	0.302683748279	0.372462980286	0.121124006499	0.54541404508
3	Polyline	162,033,065,965	6	1500	174,999,999,999	107,332,111,928	246,254,090,474	0.145464463872	250,616,528,548	0.0495510135311	0.0110942284168	432,678,890,102	0.649442254797	0.0495510135309	0.0110942284168	0.144226296701	0.649442254795
4	Polyline	158,700,633,262	6	1550	175,000,000,002	115,616,406,859	-338,434,138,496	-0.199916031516	250,616,528,548	0.176276749509	0.108958114209	466,228,228,675	0.699799132814	0.176276749508	0.108958114209	0.155409409558	0.699799132812
5	Polyline	140,230,644,142	6	1600	174,999,999,998	132,849,199,904	-402,905,417,879	-0.237999785059	250,616,528,548	0.334567138892	0.291765924975	482,101,704,834	0.723624899183	0.334567138891	0.291765924973	0.160700568278	0.723624899181
6	Polyline	116,708,580,919	6	1650	174,999,999,999	115,618,969,663	-757,584,500,643	-0.447511848479	250,616,528,548	0.0671847373772	0.0161321293416	48,526,327,634	0.728370354009	0.0671847373768	0.0161321293415	0.161754425447	0.728370354007
7	Polyline	105,554,875,181	6	1700	175	167,812,862,241	-106,969,483,676	-0.631878177685	250,616,528,548	-0.200113972329	0.0738881824752	655,248,287,777	0.983514414963	-0.200113972328	0.0738881824748	0.218416095926	0.983514414961
8	Polyline	80,669,106,628	6	1750	175,000,000,002	366,077,858,669	-160,544,202,426	-0.948348768081	250,616,528,548	0.325417078429	0.0399750524725	147,492,976,697	221,383,972,143	0.325417078427	0.0399750524723	0.491643255658	0.983514414961
9	Polyline	602,037,381,177	6	1800	174,999,999,998	362,664,975,857	-112,668,760,158	-0.665544306693	250,616,528,548	0.511663813456	0.107067253446	136,662,703,594	205,127,951,465	0.511663813453	0.107067253445	0.455542345315	0.983514414961
10	Polyline	196,060,864,869	6	1850	175,000,000,003	175,949,695,428	-128,729,531,297	-0.760416698804	250,616,528,548	0.117411549736	0.0190994376003	778,210,853,107	116,807,873,624	0.117411549735	0.0190994376003	0.259403617702	0.983514414961
11	Polyline	346,978,935,969	6	1900	175,000,000,003	501,617,967,847	-172,619,132,504	-101,967,644,539	250,616,528,548	0.593393183891	0.0610629723855	215,206,843,084	323,021,114,775	0.593393183887	0.0610629723852	0.717356143614	0.983514414961
12	Polyline	331,796,336,392	6	1950	175	546,378,716,687	-221,737,589,649	-130,982,350,533	250,616,528,548	0.0605442890486	0.000624278503312	224,043,656,305	336,284,992,525	0.0605442890484	0.000624278503312	0.746812187684	0.983514414961
13	Polyline	326,412,916,222	6	2000	175	356,514,712,485	-26,564,856,089	-156,920,948,658	250,616,528,548	-0.277747094437	0.028337862382	150,420,795,709	225,778,569,207	-0.277747094436	0.0283378623819	0.501402652363	0.983514414961
14	Polyline	335,523,990,085	6	2050	174,999,999,998	138,620,755,981	-98,102,709,525	-0.579501360484	250,616,528,548	-0.213929440599	0.0958435735806	60,770,821,035	0.912157721157	-0.213929440598	0.0958435735802	0.20256940345	0.912157721154
15	Polyline	336,348,091,813	6	2100	175	141,186,759,145	-118,153,010,993	-0.697940260234	250,616,528,548	-0.293025560815	0.157869436233	625,936,752,478	0.939518393868	-0.293025560813	0.157869436232	0.208645584159	0.939518393866
16	Polyline	339,105,508,214	6	2150	175,000,000,002	124,485,667,759	-895,186,411,511	-0.528794511251	250,616,528,548	-0.111222205311	0.0319249103381	566,455,035,959	0.850237541534	-0.111222205311	0.0319249103379	0.18881834532	0.850237541531
17	Polyline	353,594,987,187	6	2200	175	183,802,428,986	-533,182,804,251	-0.314955786589	250,616,528,548	0.357597656822	0.199157857209	663,213,964,628	0.995470734657	0.35759765682	0.199157857208	0.221071321543	0.995470734654
18	Polyline	409,207,350,567	6	2250	175,000,000,002	279,982,547,912	-290,551,193,733	-0.171631153588	250,616,528,548	0.663539848122	0.291637022417	956,440,305,331	143,559,753,591	0.663539848119	0.291637022416	0.318813435111	0.983514414961
19	Polyline	124,901,771,653	6	2300	174,999,999,999	29,305,252,802	-526,634,496,956	-0.311087643696	250,616,528,548	0.620966124516	0.203885697004	113,487,101,126	170,341,841,333	0.620966124513	0.203885697003	0.378290337088	0.983514414961
20	Polyline	198,623,150,569	6	2350	175	25,143,602,029	483,887,311,654	0.285836504192	250,616,528,548	0.90232912508	0.511535064885	81,550,800,457	122,406,100,554	0.902329125075	0.511535064882	0.271836001524	0.983514414961
21	Polyline	233,575,948,202	6	2400	174,999,999,997	267,461,081,583	143,806,799,711	0.0849479453554	250,616,528,548	0.8436185315	0.530940969431	733,366,391,729	110,076,810,755	0.843618531496	0.530940969428	0.24445546391	0.983514414961
22	Polyline	275,709,396,044	6	2450	174,999,999,998	262,099,585,908	24,583,610,964	0.145217558905	250,616,528,548	0.815725622511	0.558931767846	670,196,039,575	100,595,068,781	0.815725622506	0.558931767843	0.223398679859	0.983514414961
23	Polyline	344,715,023,727	6	2500	175,000,000,002	345,141,903,777	-0.508086371315	-0.0300131102235	250,616,528,548	0.907081346422	0.374900606484	10,832,955,622	162,600,470,838	0.907081346417	0.374900606482	0.361098520732	0.983514414961
24	Polyline	399,657,836,976	6	2550	175,000,000,002	413,756,742,123	-38,248,388,494	-0.225936605379	250,616,528,548	0.944619356283	0.322084057988	126,748,961,606	190,247,625,437	0.944619356278	0.322084057986	0.422496538688	0.983514414961
25	Polyline	413,335,989,474	6	2600	175,000,000,003	395,518,097,744	715,544,640,482	0.422678532177	250,616,528,548	0.944619356283	0.608740712596	926,782,855,577	139,108,230,422	0.944619356278	0.608740712593	0.308927618527	0.983514414961
26	Polyline	457,899,370,152	6	2650	174,999,999,999	390,776,750,194	11,471,549,864	0.677634571486	250,616,528,548	0.824773159064	0.582028351901	102,558,087,508	153,937,613,141	0.824773159064	0.582028351898	0.341860291694	0.914142451813

27	Polyline	45,460,417,146	6	2700	175	424,435,895,509	69,974,884,929	0.413347818958	250,616,528,548	0.824773159064	0.452060281214	130,280,341,845	-195,548,155,685	0.944619356278	0.452060281211	0.43426780615	0.914142451813
28	Polyline	409,662,755,524	6	2750	175,000,000,001	372,691,086,869	-0.311224078958	-0.0183842809281	250,616,528,548	0.824773159064	0.367462246362	133,541,192,235	200,442,626,108	0.944619356278	0.36746224636	0.445137307451	0.914142451813
29	Polyline	501,917,123,724	6	2800	175	387,395,502,102	293,239,808,305	0.173219341936	250,616,528,548	0.824773159064	0.476004712131	122,175,477,459	183,382,918,319	0.944619356278	0.476004712128	0.407251591531	0.914142451813
30	Polyline	486,951,414,167	6	2850	175,000,000,002	379,002,959,072	42,296,697,195	0.249850322047	250,616,528,548	0.824773159064	0.499743635022	107,544,842,003	-161,422,630,685	0.944619356278	0.499743635019	0.358482806677	0.914142451813
31	Polyline	547,883,489,319	6	2900	175,000,000,002	264,446,330,798	549,984,482,123	0.324880685944	250,616,528,548	0.824773159064	0.600200474752	768,962,772,441	115,419,755,438	0.944619356278	0.600200474749	0.256320924148	0.914142451813
32	Polyline	582,116,519,884	6	2950	174,999,999,999	295,564,447,327	123,045,580,785	0.726841101654	250,616,528,548	0.824773159064	0.787486565168	609,030,500,435	-0.914142451806	0.944619356278	0.787486565163	0.203010166814	0.914142451813
33	Polyline	563,388,817,484	6	3000	174,999,999,997	355,834,628,697	151,992,458,618	0.897832862911	250,616,528,548	0.824773159064	0.800827747427	665,587,565,079	0.999033460883	0.944619356278	0.800827747422	0.221862521696	0.999033460892
34	Polyline	658,645,674,371	6	3050	175	356,381,787,215	123,975,317,257	0.732333137023	250,616,528,548	0.824773159064	0.765678367722	68,713,330,194	103,137,317,573	0.944619356278	0.765678367718	0.229044433982	0.914142451813
35	Polyline	670,750,181,405	6	3100	175	239,700,642,882	36,471,195,201	0.215438567801	250,616,528,548	0.824773159064	0.615907427676	602,391,747,205	-0.904177817604	0.82477315906	0.615907427673	0.200797249069	0.904177817605
36	Polyline	753,229,377,765	6	3150	175	213,799,654,531	-316,196,351,962	-0.186779974813	250,616,528,548	0.663040786409	0.388750668655	768,950,049,498	11,541,784,575	0.663040786405	0.388750668653	0.256316683166	11,541,784,575
37	Polyline	775,691,490,768	6	3200	174,999,999,999	136,164,754,246	-353,720,940,356	-0.208946080246	250,616,528,548	0.370879721496	0.289715848007	537,090,270,288	-0.806161622728	0.370879721494	0.289715848006	0.179030090096	0.806161622727
38	Polyline	762,577,268,584	6	3250	174,999,999,996	188,829,033,368	-10,049,702,531	-0.593644795072	250,616,528,548	0.272834751748	0.10060183686	754,496,084,761	113,248,334,904	0.272834751746	0.10060183686	0.25149869492	0.806161622727
39	Polyline	777,591,064,176	6	3300	174,999,999,999	21,655,616,215	-141,033,879,999	-0.833099572165	250,616,528,548	0.105599260893	0.010369265058	954,130,411,521	143,213,043,207	0.105599260892	0.010369265058	0.318043470507	0.806161622727
40	Polyline	728,925,528,516	6	3350	175,000,000,001	279,432,856,366	-209,554,061,325	-12,378,543,286	250,616,528,548	0.0480371322758	0.00142243161617	117,716,282,439	-176,689,756,867	0.0480371322758	0.00142243161618	0.392387608131	0.806161622727
41	Polyline	679,774,324,634	6	3400	175	312,460,455,604	-218,501,353,641	-12,907,067,737	250,616,528,548	0.292484647061	0.0381358096763	135,855,657,136	203,916,591,069	0.29248464706	0.0381358096761	0.452852190452	0.806161622727
42	Polyline	588,363,028,148	6	3450	174,999,999,998	291,712,464,677	-158,061,395,436	-0.93368260814	250,616,528,548	0.254618742327	0.0430816498891	110,985,414,218	-166,586,859,928	0.254618742325	0.0430816498888	0.369951380726	0.806161622727
43	Polyline	454,767,503,014	6	3500	174,999,999,998	349,447,245,989	-289,794,833,142	-171,184,364,713	250,616,528,548	-0.253949908937	0.0305448051138	13,232,061,599	198,610,565,873	-0.253949908936	0.0305448051136	0.441068719966	0.806161622727
44	Polyline	358,857,465,565	6	3550	174,999,999,998	241,781,058,607	-22,247,542,045	-131,418,193,696	250,616,528,548	-0.605616264555	0.310933081499	833,832,897,608	125,156,629,901	-0.605616264551	0.310933081497	0.277944299203	0.806161622727
45	Polyline	268,820,345,474	6	3600	174,999,999,998	18,815,165,347	-173,856,641,344	-102,698,651,929	250,616,528,548	-0.621967023247	0.562473720941	507,344,051,616	0.761513150692	-0.621967023244	0.562473720938	0.169114683873	0.761513150692
46	Polyline	21,847,511,171	6	3650	174,999,999,999	18,187,928,828	-114,590,013,817	-0.676893321565	250,616,528,548	-0.288062452003	0.147854088712	639,604,081,812	0.960032778514	-0.288062452001	0.147854088711	0.213201360604	0.960032778512
47	Polyline	218,891,205,357	6	3700	175,000,000,001	239,138,613,903	-911,579,763,795	-0.538478209079	250,616,528,548	-0.208547761508	0.04161487644	925,625,947,639	-138,934,580,883	-0.208547761507	0.0416148764398	0.308541982546	0.960032778512
48	Polyline	257,692,946,623	6	3750	174,999,999,998	163,525,549,371	0.302221758097	0.0178525058923	250,616,528,548	0.0996372608028	0.0130290704801	802,050,112,528	120,386,098,203	0.0996372608022	0.01302907048	0.267350037509	0.960032778512
49	Polyline	291,855,666,232	6	3800	175	196,341,994,558	11,506,401,522	0.0679693289671	250,616,528,548	0.303908648474	0.0788657319013	960,604,508,205	144,184,792,013	0.303908648472	0.078865731901	0.320201502735	0.960032778512
50	Polyline	32,893,297,425	6	3850	175,000,000,001	268,206,023,392	110,676,036,751	0.653773113718	250,616,528,548	0.449751292318	0.125742436117	109,682,021,167	164,630,493,345	0.449751292316	0.125742436116	0.365606737224	0.960032778512
51	Polyline	371,581,027,578	6	3900	175	237,714,559,654	321,687,717,643	0.19002377297	250,616,528,548	0.127719826559	0.0127682152492	10,386,926,244	15,590,566,017	0.127719826559	0.0127682152492	0.346230874799	0.960032778512
52	Polyline	392,175,701,908	6	3950	174,999,999,998	27,757,614,235	-800,015,436,979	-0.472576176929	250,616,528,548	-0.387201921892	0.106081999673	103,956,047,145	156,035,922,256	-0.38720192189	0.106081999672	0.346520157152	0.960032778512
53	Polyline	427,888,231,862	6	4000	175,000,000,001	37,383,159,692	-162,500,761,357	-0.959906334309	250,616,528,548	-0.675444511188	0.181410178044	132,701,637,828	199,182,471,939	-0.675444511184	0.181410178043	0.442338972762	0.960032778512
54	Polyline	468,437,874,281	6	4050	175	376,155,030,858	-221,710,040,818	-130,966,077,195	250,616,528,548	-0.683695980402	0.16600062098	141,734,408,177	212,740,477,371	-0.683695980398	0.166000620979	0.472448027256	21,274,047,737
55	Polyline	501,570,230,704	6	4100	175,000,000,001	253,426,983,252	-151,044,913,459	-0.892235630058	250,616,528,548	-0.207108857095	0.0286333615059	111,567,668,225	-167,460,811,405	-0.207108857094	0.0286333615056	0.371892227416	21,274,047,737

56	Polyline	539,796,498,851	6	4150	174,999,999,999	199,879,964,448	-699,757,229,563	-0.413352769259	250,616,528,548	0.167546085792	0.0363911085302	797,390,952,781	-119,686,767,757	0.167546085791	0.0363911085302	0.26579698426	21,274,047,737
57	Polyline	57,192,304,816	6	4200	175,000,000,001	204,399,062,019	-177,552,276,778	-0.104881696385	250,616,528,548	0.264153328144	0.0855850171638	798,570,280,018	-119,863,782,387	0.264153328143	0.0855850171636	0.266190093339	21,274,047,737
58	Polyline	607,461,842,934	6	4250	175,000,000,003	245,537,257,153	-608,936,892,341	-0.359704394781	250,616,528,548	0.0170094781513	0.000239734808602	10,159,156,209	-152,486,878,055	0.0170094781514	0.000239734808608	0.338638540299	21,274,047,737
59	Polyline	657,087,946,022	6	4300	175,000,000,002	253,847,338,911	-135,197,745,528	-0.798625010941	250,616,528,548	-0.30275413375	0.0561883652615	11,476,086,347	-172,253,732,824	-0.302754133748	0.0561883652612	0.382536211567	21,274,047,737
60	Polyline	741,788,764,479	6	4350	175,000,000,001	173,928,179,397	-133,271,345,299	-0.787245594826	250,616,528,548	-0.0771996331972	0.00951719686093	728,397,490,821	-109,330,988,788	-0.0771996331967	0.00951719686086	0.242799163607	21,274,047,737
61	Polyline	891,191,760,988	6	4400	175,000,000,002	219,488,734,658	-100,102,737,627	-0.591315702937	250,616,528,548	0.368098606591	0.132372840866	87,159,666,247	-130,824,894,557	0.368098606589	0.132372840866	0.290532220823	21,274,047,737
62	Polyline	102,489,277,111	6	4450	175	232,529,482,725	-837,533,611,178	-0.494738493441	250,616,528,548	0.453272006487	0.179034312328	897,713,023,972	-134,744,907,548	0.453272006485	0.179034312327	0.299237674658	21,274,047,737
63	Polyline	116,325,284,441	6	4500	175,000,000,001	21,330,789,734	-460,359,860,077	-0.27193863097	250,616,528,548	0.597076546625	0.260743807072	929,832,576,542	-139,565,987,365	0.597076546621	0.260743807071	0.309944192181	21,274,047,737
64	Polyline	107,390,735,128	6	4550	174,999,999,999	267,893,632,677	-212,007,902,952	-0.125234938758	250,616,528,548	0.672509604974	0.272258231905	101,690,619,495	-152,635,561,215	0.67250960497	0.272258231904	0.33896873165	21,274,047,737
65	Polyline	758,784,542,137	6	4600	175,000,000,002	338,661,905,632	-210,676,986,655	-124,448,754,759	250,616,528,548	0.170761037931	0.0087135336583	168,451,731,161	-252,842,638,299	0.17076103793	0.00871353365825	0.561505770538	21,274,047,737
66	Polyline	263,517,103,258	6	4650	175,000,000,002	172,166,316,738	-829,871,848,749	-0.490212622776	250,616,528,548	0.219284530569	0.0665839299421	759,355,566,001	-113,977,733,201	0.219284530568	0.0665839299418	0.253118522001	1,139,777,332
67	Polyline	869,858,374,987	6	4700	175	216,160,330,684	-901,228,233,626	-0.53236346888	250,616,528,548	-0.069618666927	0.00386586359181	103,358,360,662	-155,138,806,944	-0.0696186669265	0.00386586359178	0.344527868873	1,139,777,332
68	Polyline	494,055,577,922	6	4750	175	192,673,070,045	-651,297,615,149	-0.38472724748	250,616,528,548	-0.494788540606	0.332059945176	649,029,431,932	-0.974180038235	-0.494788540603	0.332059945174	0.216343143978	0.974180038234
69	Polyline	131,892,804,546	6	4800	175,000,000,002	190,935,618,772	-119,381,799,294	-0.705198821143	250,616,528,548	-0.405625769467	0.27260788128	61,280,865,523	-0.919813385667	-0.405625769464	0.272607881278	0.204269551744	0.919813385666
70	Polyline	259,165,061,991	6	4850	175,000,000,002	244,083,456,092	-13,188,591,057	-0.77906170965	250,616,528,548	-0.340828287107	0.0976810504095	958,064,550,658	-143,803,549,527	-0.340828287106	0.0976810504091	0.319354850219	1,139,777,332
71	Polyline	311,125,937,634	6	4900	175,000,000,001	302,155,765,234	-901,907,455,451	-0.532764691205	250,616,528,548	0.304793905708	0.0400331300949	138,041,251,634	-207,197,124,166	0.304793905706	0.0400331300947	0.460137505448	1,139,777,332
72	Polyline	308,476,121,461	6	4950	174,999,999,999	375,214,465,293	-1,461,992,639	-0.863611950596	250,616,528,548	0.609321841052	0.106410747626	163,307,912,502	-245,121,870,624	0.609321841049	0.106410747626	0.544359708341	1,139,777,332
73	Polyline	294,718,329,571	6	5000	175,000,000,002	50,964,016,388	-313,973,994,621	-185,467,208,724	250,616,528,548	0.514974696468	0.0434956783835	223,352,369,889	-335,247,385,608	0.514974696465	0.0434956783833	0.744507899629	1,139,777,332

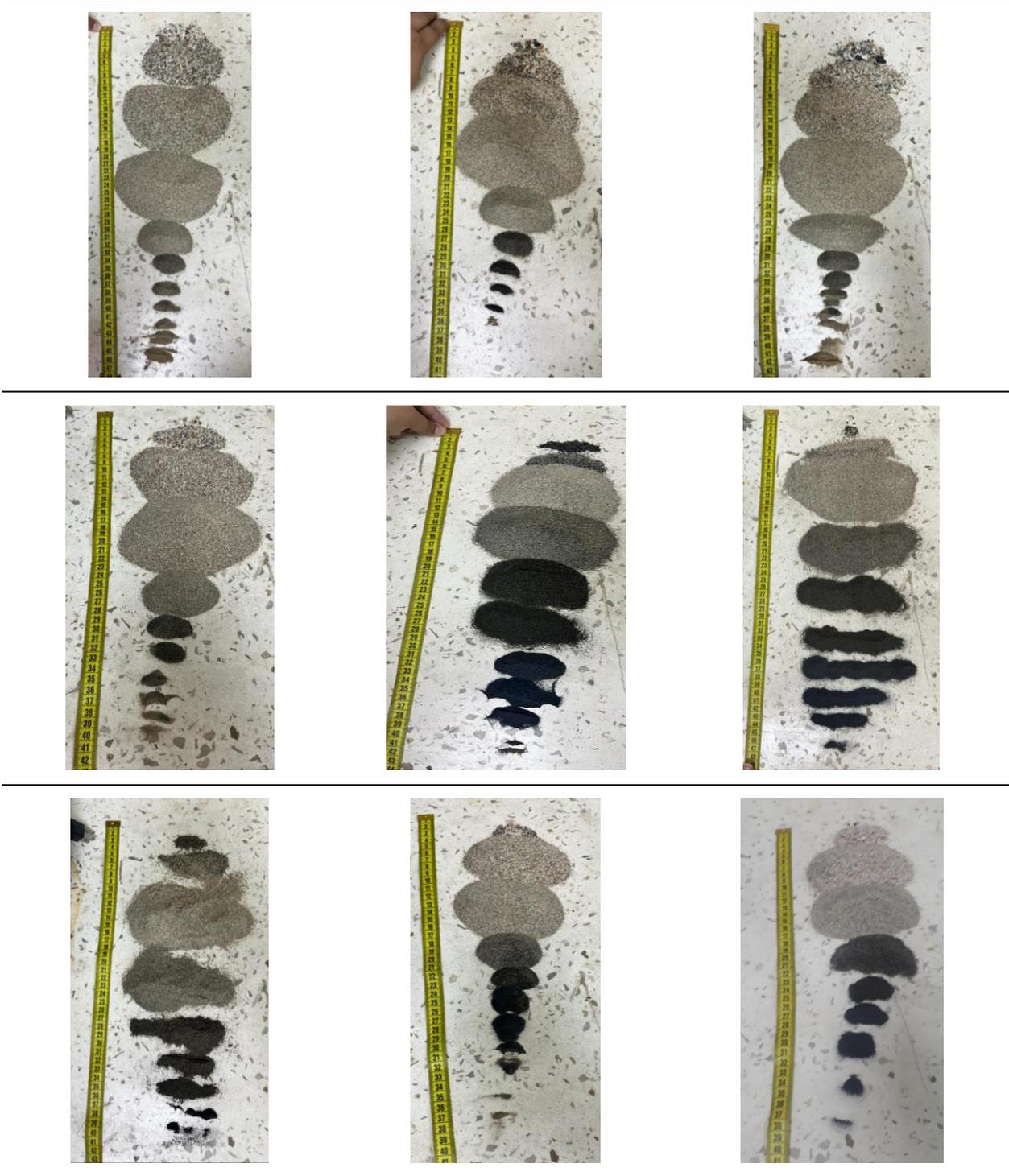
APÉNDICE D: TIPOS DE ROCAS HALLADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO.

Tabla 6.3 Rocas halladas en el área de estudio. Fuente: Autoras (2022)

La Chocolatera	Mirador Tortuga	La Lobería
		
		
		
		
		
		
		
		
		

APÉNDICE E: GRANULOMETRÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Tabla 6.4 Granulometría por tamizaje. Fuente: (Autoras, 2022)



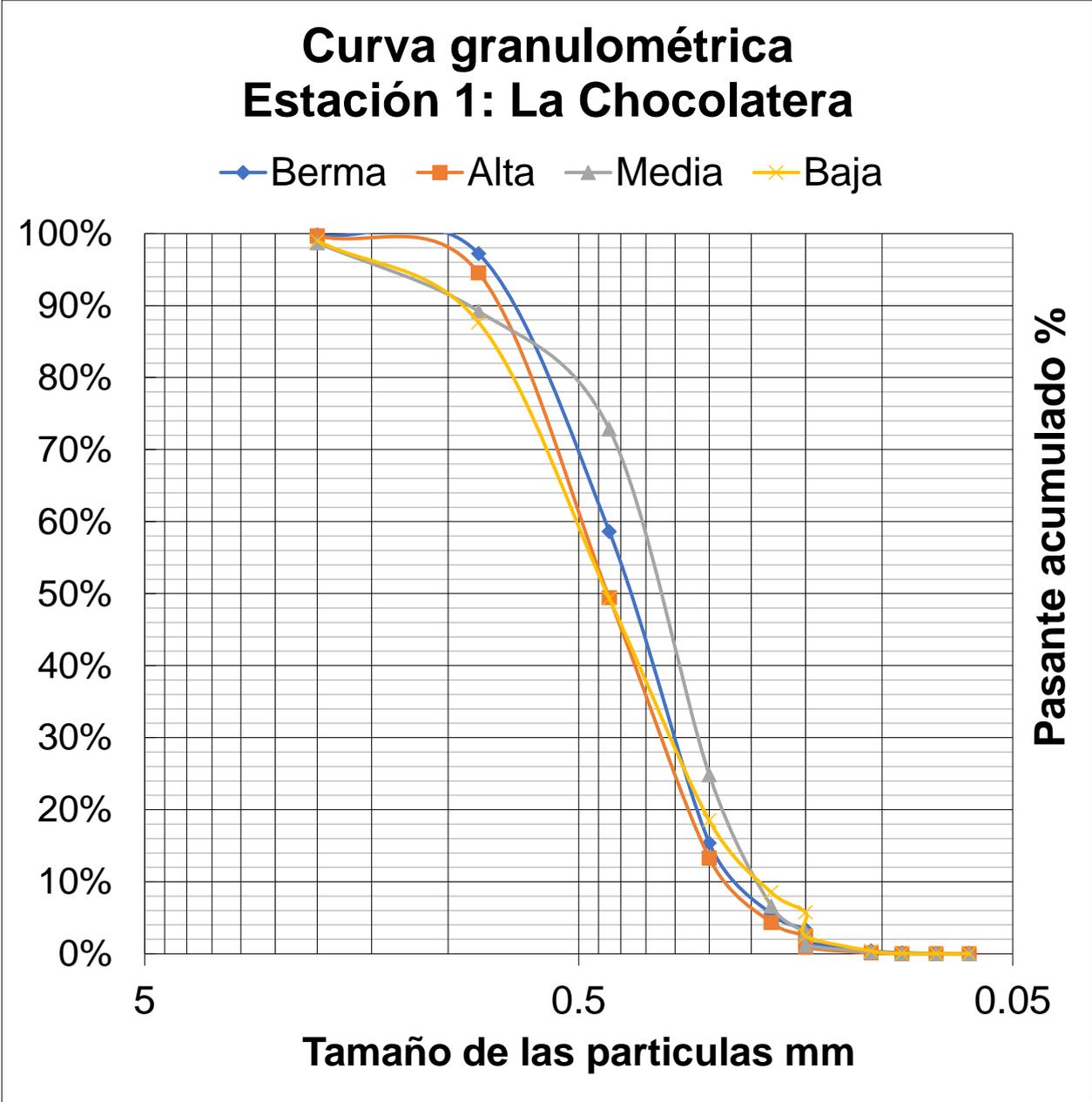


Figura 6.1 Curva granulométrica, Estación 1: La Chocolatera. Fuente: Autoras (2022)

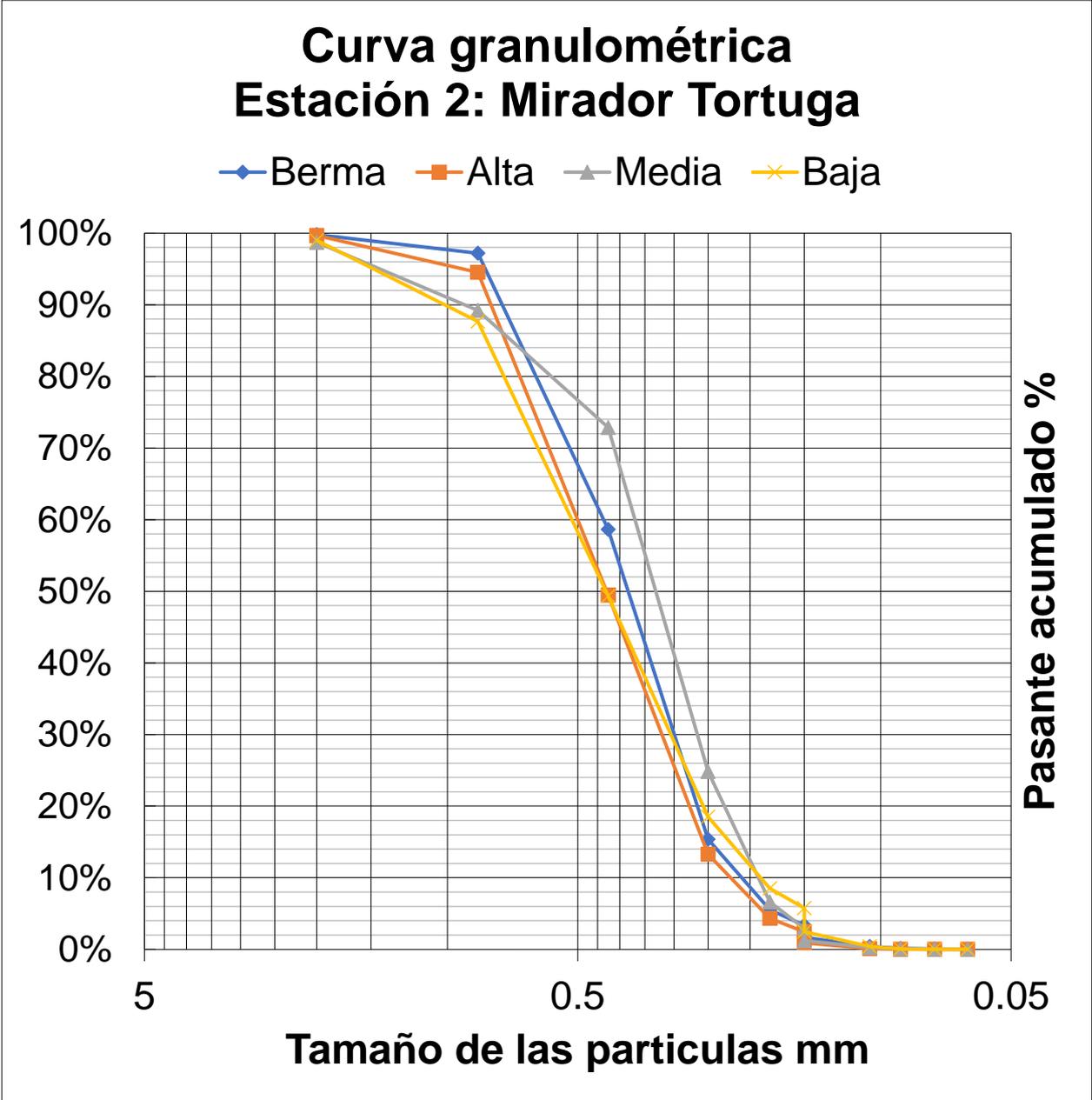


Figura 6.2 Curva granulométrica, Estación 2: Mirador Tortuga. Fuente: Autoras (2022)

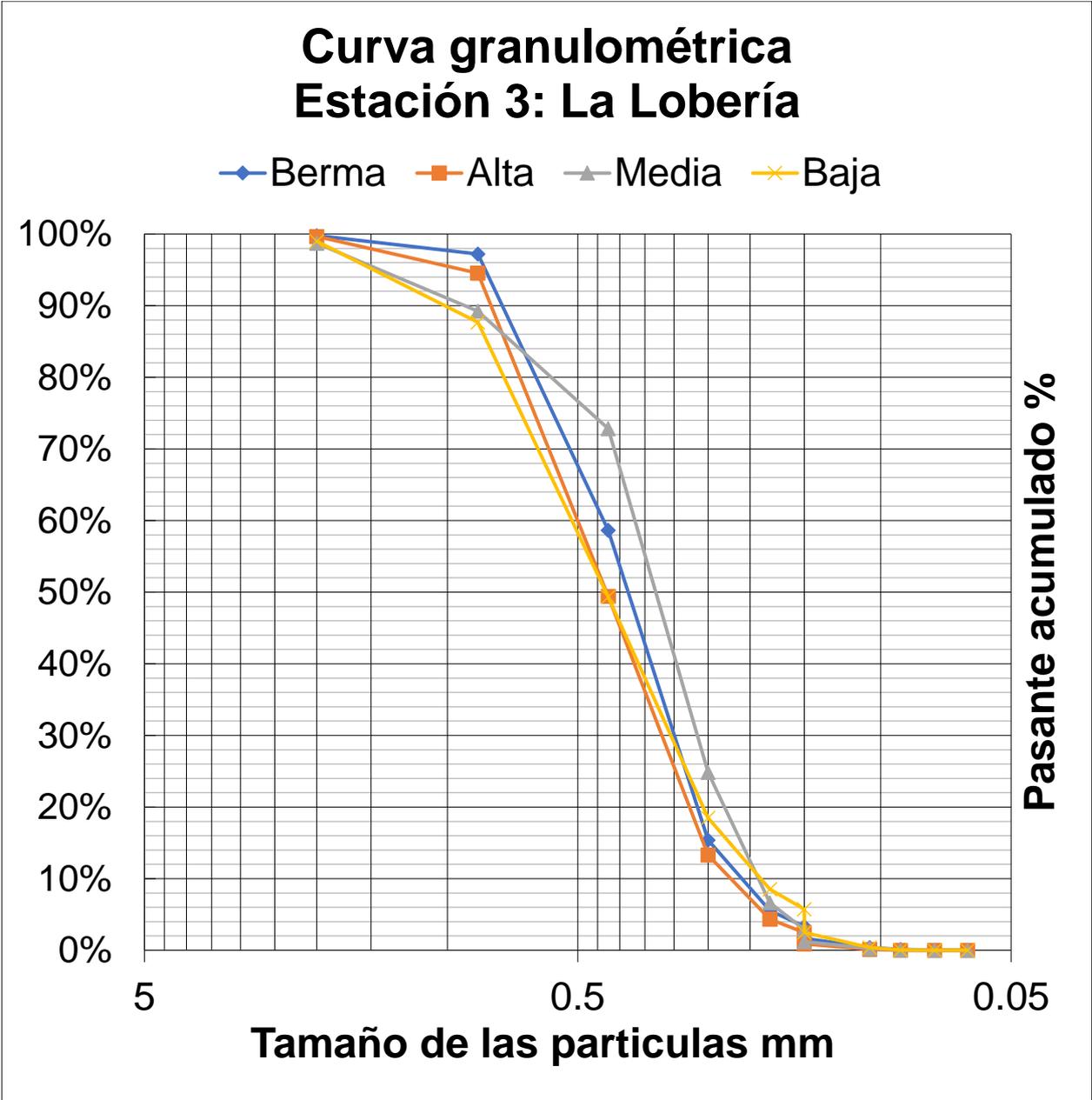


Figura 6.3 Curva granulométrica, Estación 3: La Lobería. Fuente: Autoras (2022)

APÉNDICE F: PENDIENTE DE PLAYA

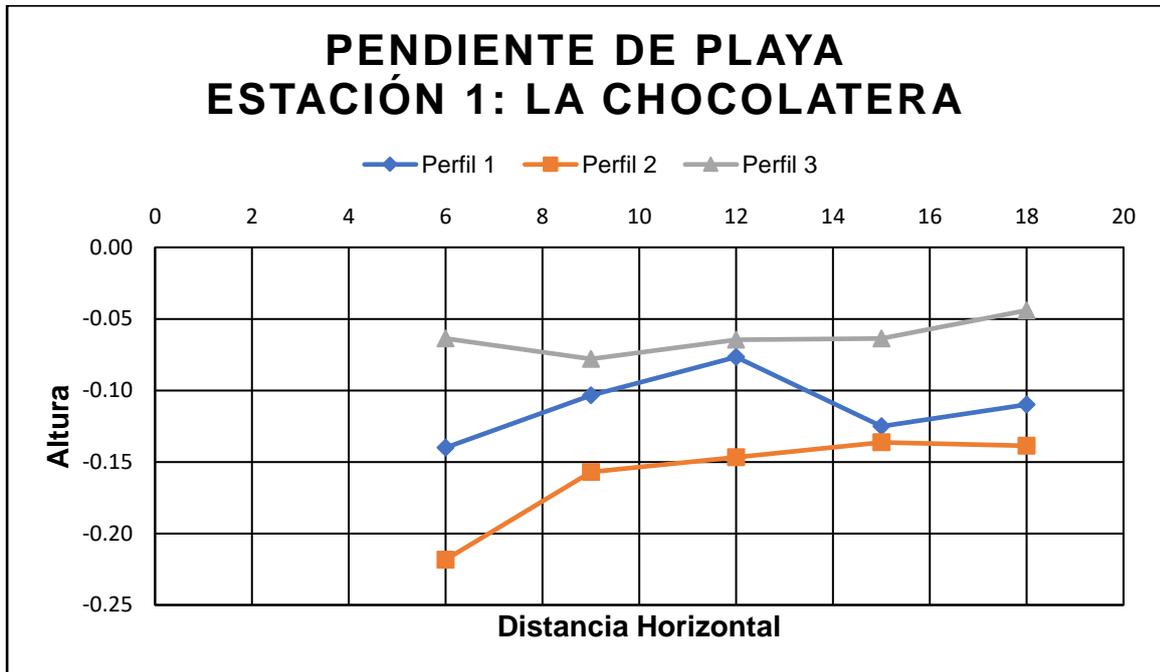


Figura 6.4 Pendiente de playa, Estación 1: La Chocolatera. Fuente: Autoras (2022)

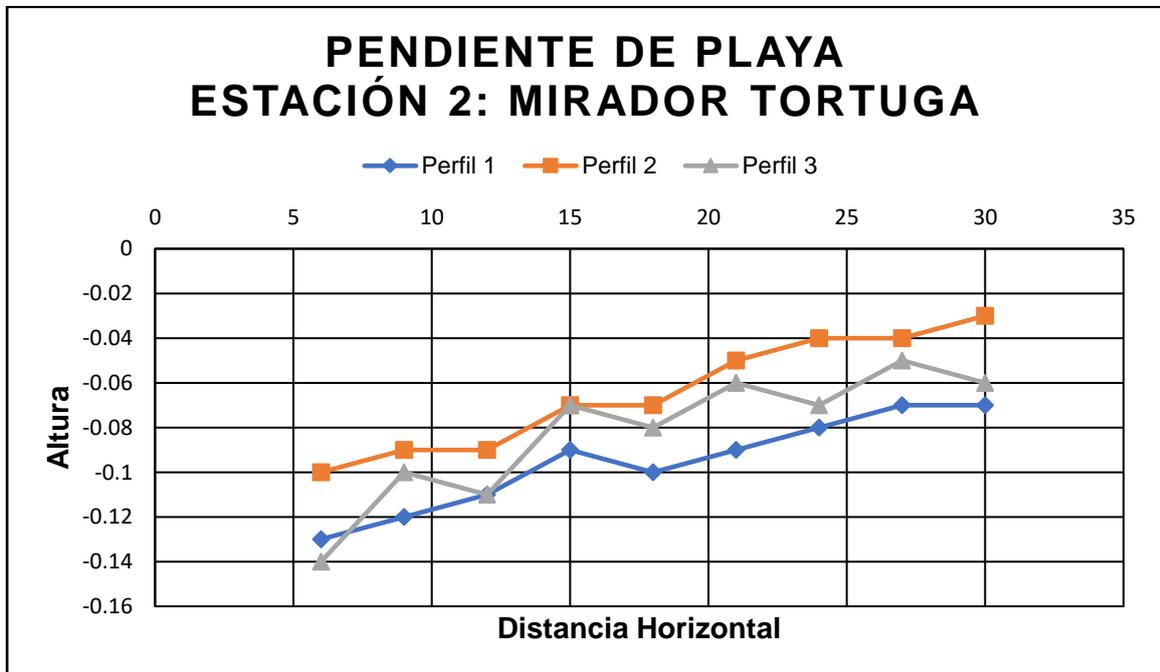


Figura 6.5 Pendiente de playa, Estación 2: Mirador Tortuga. Fuente: Autoras (2022)

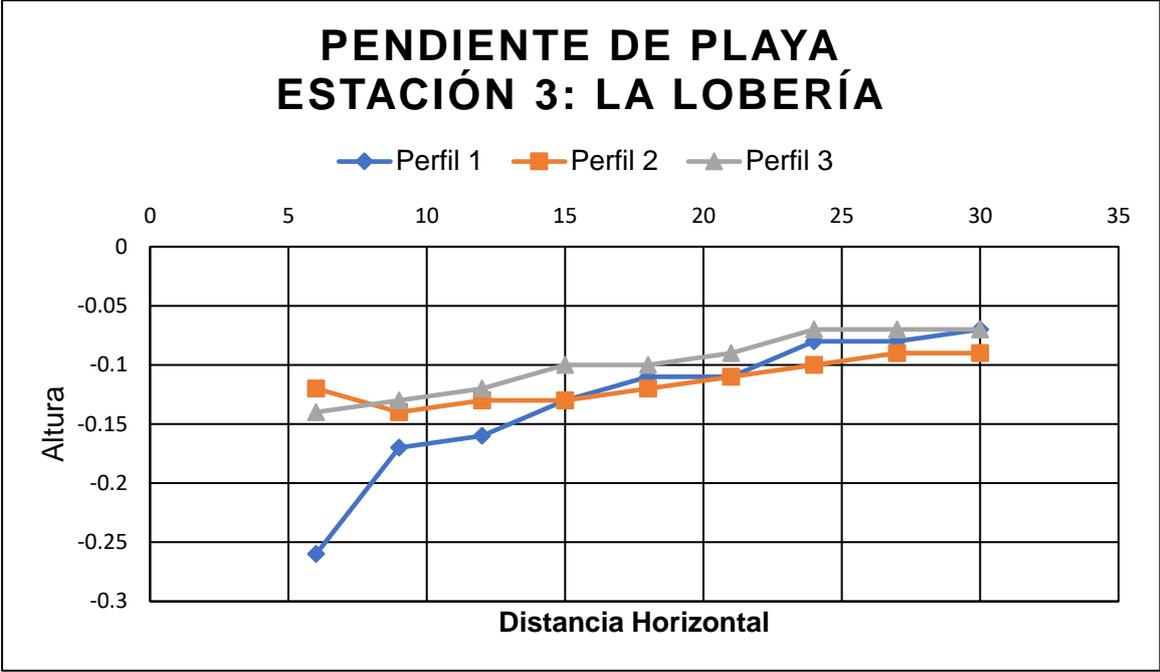


Figura 6.6 Pendiente de playa, Estación 3: La Lobería. Fuente: Autoras (2022)

APÉNDICE G: REUNIONES CON EL CLIENTE

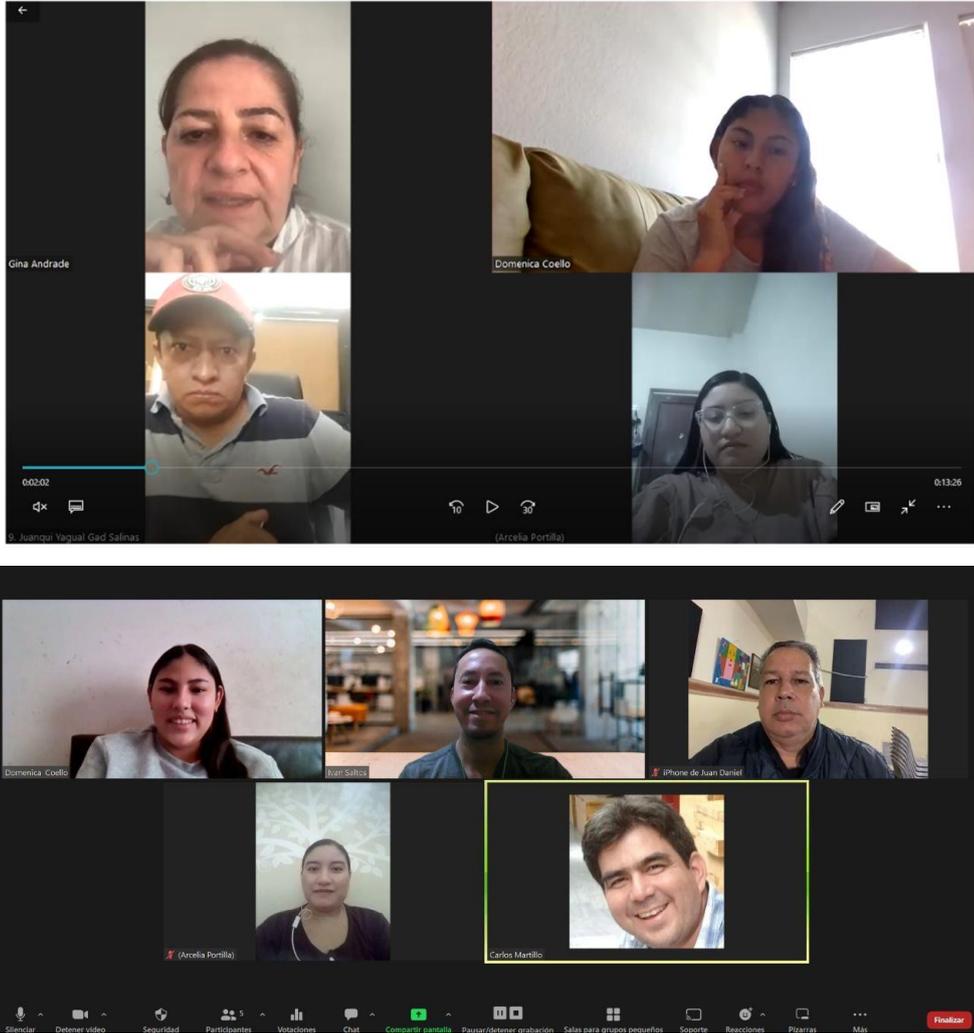


Figura 6.7 Reuniones vía Zoom con el Sr. Juan Carlos Yagual y miembros del GAD de Salinas.

APÉNDICE H: SALIDA DE CAMPO



Figura 6.8 Fotografías del acantilado de La Chokolatera, 16/07/2022. Fuente: Autoras (2022)



Figura 6.9 Fotografías de La Lobería, 23/07/2022. Fuente: Autoras (2022)

APÉNDICE I: DATOS DE LA ESTACIÓN D

Tabla 6.5 Datos medidos en la estación D, La Lobería, Salinas. Fuente: Franklin Ormaza (2022)

Fecha	Nubosidad	Velocidad de viento [m/s]	Ángulo	Altura de ola [m]	Periodo de ola [s]	Temperatura superficial del mar [°C]	Temperatura del viento [°C]	Temperatura [°C]	Salinidad [UPS]
13/08/2022	8/8	3.8	-	1	-	22.8	23	-	35
24/07/2022	4/8	4.24	196	1	12	22.5	20.5	22	35
18/06/2022	8/8	5.09	243	1	10	22.8	22	22.7	35
09/06/2022	8/8	2.3	221	1	12	24	21	24.4	35
04/06/2022	8/8	4.6	-	1	12	21.8	21.8	22.8	35
28/05/2022	6/8	3	230	1.5	13	24.1	26.1	24.5	35
21/05/2022	6/8	4	230	2	10	24.1	26.1	25.1	35
23/04/2022	0/8	3.66	300	-	-	25	26.5	28.1	35
14/04/2022	0/8	-	-	-	-	25	25	24	35
09/04/2022	5/8	1.74	204	-	-	25	26.5	27.2	35
02/04/2022	4/8	3.64	-	-	-	26.7	26.2	27.4	33
26/03/2022	8/8	2.41	170	1.5	11	26	27	27	34.5
19/03/2022	7/8	-	-	1.5	15	26.7	28.2	26.5	34
05/03/2022	8/8	1.82	180	1.5	12	27.2	28.7	28	34
26/02/2022	6/8	2.19	-	1	8	27.8	28	29.8	33
19/02/2022	3/8	-	-	1	8	26.7	27.8	28.3	34
12/02/2022	8/8	3.15	180	1.5	9	25.6	25.8	25.4	32
29/01/2022	4/8	4	198	1	14	27.7	27	28.2	33.5
22/01/2022	2/8	1.31	-	1	11	26.1	27.1	27.1	33
15/01/2022	8/8	1.77	255	1.5	11	25	25.9	26.4	33
25/05/2019	0/8	8	-	2	-	-	-	-	-

APENDICE J: CÁLCULO DE MAREAS

Tabla 6.6 Cálculo de marea entre los años 2003 y 2022

Fecha y hora	Hora	Altura		
10/1/2020	9:29 a. m.	0.3	Duración	6:25
	3:54 p. m.	2.1	Diferencia	1:23
10:52:16	10:52 a. m.	0.499875901	Amplitud	-1.8
			Corrección	0.199875901
25/1/2020	6:01 a. m.	0.7	Duración	6:31
	12:32 p. m.	1.7	Diferencia	1:39
10:52:17	10:52 a. m.	1.547922739	Amplitud	-1
			Corrección	0.152077261
15/3/2020	8:18 a. m.	2	Duración	6:06
	2:24 p. m.	0.6	Diferencia	2:34
10:52:50	10:52 a. m.	1.470802444	Amplitud	1.4
			Corrección	0.529197556
25/3/2020	10:43 a. m.	0.4	Duración	5:41
	4:24 p. m.	2.2	Diferencia	0:09
10:52:18	10:52 a. m.	0.403301442	Amplitud	-1.8
			Corrección	0.003301442
4/4/2020	6:39 a. m.	0.6	Duración	6:25
	1:04 p. m.	1.9	Diferencia	2:11
10:52:18	10:52 a. m.	1.559414907	Amplitud	-1.3
			Corrección	0.340585093
29/4/2020	7:59 a. m.	1.9	Duración	6:06
	2:05 p. m.	0.8	Diferencia	2:53
10:52:17	10:52 a. m.	1.395818953	Amplitud	1.1
			Corrección	0.504181047
9/5/2020	5:08 a. m.	2.4	Duración	6:05
	11:13 a. m.	0.4	Diferencia	0:20
10:52:19	10:52 a. m.	0.415804392	Amplitud	2
			Corrección	0.015804392
19/5/2020	7:54 a. m.	0.7	Duración	6:08
	2:02 p. m.	2	Diferencia	2:59
10:53:08	10:53 a. m.	1.323002592	Amplitud	-1.3
			Corrección	0.623002592
24/5/2020	4:57 a. m.	2.1	Duración	5:58
	10:55 a. m.	0.6	Diferencia	0:02
10:52:27	10:52 a. m.	0.60018777	Amplitud	1.5
			Corrección	0.00018777
9/1/2021	6:19 a. m.	0.4	Duración	6:20
	12:39 p. m.	1.9	Diferencia	1:46
10:52:22	10:52 a. m.	1.626952336	Amplitud	-1.5
			Corrección	0.273047664

20/3/2021	8:20 a. m.	1.7	Duración	5:54
	2:14 p. m.	0.9	Diferencia	2:32
10:52:20	10:52 a. m.	1.386864628	Amplitud	0.8
			Corrección	0.313135372
25/3/2021	7:26 a. m.	0.6	Duración	6:23
	1:49 p. m.	1.9	Diferencia	2:56
10:52:20	10:52 a. m.	1.328891667	Amplitud	-1.3
			Corrección	0.571108333
30/3/2021	4:52 a. m.	2.3	Duración	6:08
	11:00 a. m.	0.2	Diferencia	0:26
10:33:04	10:33 a. m.	0.227633091	Amplitud	2.1
			Corrección	0.027633091
9/5/2020	5:08 a. m.	2.4	Duración	6:05
	11:13 a. m.	0.4	Diferencia	0:20
10:52:19	10:52 a. m.	0.415804392	Amplitud	2
			Corrección	0.015804392
19/5/2020	7:54 a. m.	1.8	Duración	6:08
	2:02 p. m.	0.7	Diferencia	2:59
10:53:08	10:53 a. m.	1.27284396	Amplitud	1.1
			Corrección	0.52715604
24/5/2020	4:57 a. m.	2.1	Duración	5:58
	10:55 a. m.	0.6	Diferencia	0:02
10:52:27	10:52 a. m.	0.60018777	Amplitud	1.5
			Corrección	0.00018777
9/1/2021	6:19 a. m.	0.4	Duración	6:20
	12:39 p. m.	1.9	Diferencia	1:46
10:52:22	10:52 a. m.	1.626952336	Amplitud	-1.5
			Corrección	0.273047664
20/3/2021	8:20 a. m.	1.7	Duración	5:54
	2:14 p. m.	0.9	Diferencia	2:32
10:52:20	10:52 a. m.	1.386864628	Amplitud	0.8
			Corrección	0.313135372
25/3/2021	7:26 a. m.	0.6	Duración	6:23
	1:49 p. m.	1.9	Diferencia	2:56
10:52:20	10:52 a. m.	1.328891667	Amplitud	-1.3
			Corrección	0.571108333
30/3/2021	4:52 a. m.	2.3	Duración	6:08
	11:00 a. m.	0.2	Diferencia	0:06
10:53:06	10:53 a. m.	0.201821109	Amplitud	2.1
			Corrección	0.001821109
9/4/2021	8:27 a. m.	0.5	Duración	6:16
	2:43 p. m.	2.1	Diferencia	2:26
10:53:26	10:53 a. m.	1.027710327	Amplitud	-1.6
			Corrección	0.527710327

14/4/2021	5:20 a. m.	2.1	Duración	5:58
	11:18 a. m.	0.6	Diferencia	0:25
10:52:17	10:52 a. m.	0.619017366	Amplitud	1.5
			Corrección	0.019017366
14/4/2021	5:20 a. m.	2.1	Duración	5:58
	11:18 a. m.	0.6	Diferencia	0:25
10:52:17	10:52 a. m.	0.618992828	Amplitud	1.5
			Corrección	0.018992828
28/6/2021	6:34 a. m.	2.3	Duración	6:11
	12:45 p. m.	0.5	Diferencia	1:52
10:52:23	10:52 a. m.	0.44	Amplitud	1.8
			Corrección	0.379144039
5/12/2021	10:16 a. m.	0.0	Duración	6:25
	4:41 p. m.	2.4	Diferencia	0:36
10:52:21	10:52 a. m.	0.052402488	Amplitud	-2.4
			Corrección	0.052402488
30/12/2021	6:34 a. m.	0.5	Duración	6:17
	12:51 p. m.	1.9	Diferencia	1:58
10:52:17	10:52 a. m.	1.584502844	Amplitud	-1.4
			Corrección	0.315497156
4/1/2022	4:36 a. m.	2.2	Duración	6:20
	10:56 a. m.	0.1	Diferencia	0:03
10:52:23	10:52 a. m.	0.100469328	Amplitud	2.1
			Corrección	0.000469328
3/2/2022	5:16 a. m.	2.2	Duración	6:16
	11:32 a. m.	0.1	Diferencia	0:39
10:52:21	10:52 a. m.	0.157094472	Amplitud	2.1
			Corrección	0.057094472
29/4/2022	9:47 a. m.	1.7	Duración	6:11
	3:58 p. m.	1	Diferencia	1:05
10:52:14	10:52 a. m.	1.647945567	Amplitud	0.7
			Corrección	0.052054433
17/2/2003	10:15 a. m.	0.7	Duración	6:20
	4:35 p. m.	2.37	Diferencia	0:06
10:21:58	10:21 a. m.	0.701384583	Amplitud	-1.67
			Corrección	0.001384583
21/3/2003	5:50 a. m.	2.4	Duración	6:07
	11:57 a. m.	0.06	Diferencia	1:35
10:21:57	10:21 a. m.	0.426382562	Amplitud	2.34
			Corrección	0.366382562
6/4/2003	6:38 a. m.	2.01	Duración	5:54
	12:32 p. m.	0.57	Diferencia	2:09
10:22:02	10:22 a. m.	0.998122814	Amplitud	1.44
			Corrección	0.428122814

8/5/2003	8:23 a. m.	1.9	Duración	6:06
	2:29 p. m.	0.86	Diferencia	1:59
10:22:02	10:22 a. m.	1.651508942	Amplitud	1.04
			Corrección	0.248491058
2/8/2014	5:54 a. m.	2.29	Duración	6:05
	11:59 a. m.	0.46	Diferencia	1:26
10:32:52	10:32 a. m.	0.700140042	Amplitud	1.83
			Corrección	0.240140042
25/1/2015	7:15 a. m.	2.39	Duración	6:09
	1:24 p. m.	0.25	Diferencia	2:51
10:32:50	10:32 a. m.	1.198797135	Amplitud	2.14
			Corrección	0.948797135
3/5/2016	6:33 a. m.	0.53	Duración	6:19
	12:52 p. m.	2.24	Diferencia	2:19
10:32:31	10:32 a. m.	1.729411487	Amplitud	-1.71
			Corrección	0.510588513
20/6/2016	9:57 a. m.	0.58	Duración	5:56
	3:53 p. m.	2.16	Diferencia	0:35
10:32:38	10:32 a. m.	0.618737195	Amplitud	-1.58
			Corrección	0.038737195
6/5/2017	6:37 a. m.	0.56	Duración	6:24
	1:01 p. m.	2.07	Diferencia	2:28
10:32:12	10:32 a. m.	1.576318378	Amplitud	-1.51
			Corrección	0.493681622
10/4/2019	7:08 a. m.	2.15	Duración	5:59
	1:07 p. m.	0.57	Diferencia	2:34
10:32:23	10:32 a. m.	1.18933144	Amplitud	1.58
			Corrección	0.61933144
26/4/2019	9:01 a. m.	1.88	Duración	6:16
	3:17 p. m.	0.83	Diferencia	1:31
10:32:16	10:32 a. m.	1.734611624	Amplitud	1.05
			Corrección	0.145388376
21/12/2013	5:54 a. m.	2.1	Duración	6:12
	12:06 p. m.	0.39	Diferencia	1:31
10:34:44	10:34 a. m.	0.631638855	Amplitud	1.71
			Corrección	0.241638855
7/2/2014	9:44 a. m.	1.94	Duración	6:02
	3:46 p. m.	0.83	Diferencia	0:50
10:34:15	10:34 a. m.	1.88805735	Amplitud	1.11
			Corrección	0.05194265
1/7/2014	6:23 a. m.	2.14	Duración	6:06
	12:29 p. m.	0.54	Diferencia	1:55
10:33:03	10:33 a. m.	0.904576764	Amplitud	1.6
			Corrección	0.364576764

2/8/2014	7:38 a. m.	2.09	Duración	6:13
	1:51 p. m.	0.55	Diferencia	2:55
10:33:16	10:33 a. m.	1.39274318	Amplitud	1.54
			Corrección	0.69725682
25/1/2015	7:15 a. m.	2.39	Duración	6:09
	1:24 p. m.	0.25	Diferencia	2:51
10:33:14	10:32 a. m.	1.204229374	Amplitud	2.14
			Corrección	0.954229374
22/9/2015	10:28 a. m.	0.02	Duración	6:10
	4:38 p. m.	2.65	Diferencia	0:05
10:33:16	10:33 a. m.	0.021314593	Amplitud	-2.63
			Corrección	0.001314593
9/11/2015	8:29 a. m.	0.48	Duración	6:10
	2:39 p. m.	2.07	Diferencia	2:04
10:33:23	10:33 a. m.	0.883653833	Amplitud	-1.59
			Corrección	0.403653833
3/5/2016	6:33 a. m.	0.53	Duración	6:19
	12:52 p. m.	2.24	Diferencia	2:19
10:32:55	10:32 a. m.	1.732004308	Amplitud	-1.71
			Corrección	0.507995692
19/5/2016	8:27 a. m.	0.63	Duración	6:05
	2:32 p. m.	2.11	Diferencia	2:05
10:32:52	10:32 a. m.	1.023403627	Amplitud	-1.48
			Corrección	0.393403627
20/6/2016	9:57 a. m.	2.39	Duración	5:56
	3:53 p. m.	0.25	Diferencia	0:36
10:33:01	10:33 a. m.	2.336407817	Amplitud	2.14
			Corrección	0.053592183
29/12/2016	9:59 a. m.	0.29	Duración	6:19
	4:18 p. m.	2.18	Diferencia	0:34
10:33:31	10:33 a. m.	0.328416354	Amplitud	-1.89
			Corrección	0.038416354
6/5/2017	6:37 a. m.	0.56	Duración	6:24
	1:01 p. m.	2.07	Diferencia	2:28
10:32:36	10:32 a. m.	1.578634994	Amplitud	-1.51
			Corrección	0.491365006
7/4/2018	8:35 a. m.	1.88	Duración	6:04
	2:39 p. m.	0.84	Diferencia	1:57
10:32:36	10:32 a. m.	1.634372927	Amplitud	1.04
			Corrección	0.245627073
4/1/2019	8:51 a. m.	0.35	Duración	6:25
	3:16 p. m.	2.2	Diferencia	1:42
10:33:09	10:33 a. m.	0.653161589	Amplitud	-1.85
			Corrección	0.303161589

10/4/2019	7:08 a. m.	2.15	Duración	5:59
	1:07 p. m.	0.57	Diferencia	2:34
10:32:46	10:32 a. m.	1.186744905	Amplitud	1.58
			Corrección	0.616744905
26/4/2019	9:01 a. m.	1.88	Duración	6:16
	3:17 p. m.	0.83	Diferencia	1:31
10:32:40	10:32 a. m.	1.733397464	Amplitud	1.05
			Corrección	0.146602536
26/12/2018	7:55 a. m.	2.2	Duración	6:16
	2:11 p. m.	0.36	Diferencia	2:57
10:52:18	10:52 a. m.	1.362140048	Amplitud	1.84
			Corrección	0.837859952
25/1/2019	6:45 a. m.	2.44	Duración	6:14
	12:59 p. m.	0.16	Diferencia	2:06
10:52:21	10:52 a. m.	0.746526203	Amplitud	2.28
			Corrección	0.586526203
1/3/2019	6:14 a. m.	0.69	Duración	6:31
	12:45 p. m.	1.83	Diferencia	1:52
10:52:16	10:52 a. m.	1.611728469	Amplitud	-1.14
			Corrección	0.218271531
26/3/2019	7:43 a. m.	2.19	Duración	6:05
	1:48 p. m.	0.59	Diferencia	2:55
10:52:22	10:52 a. m.	1.342745835	Amplitud	1.6
			Corrección	0.752745835
31/3/2019	6:41 a. m.	0.7	Duración	6:30
	1:11 p. m.	1.84	Diferencia	2:18
10:52:22	10:52 a. m.	1.520009107	Amplitud	-1.14
			Corrección	0.319990893
5/4/2019	10:08 a. m.	0.39	Duración	6:07
	4:15 p. m.	2.33	Diferencia	0:44
10:52:22	10:52 a. m.	0.45911885	Amplitud	-1.94
			Corrección	0.06911885
10/4/2019	7:08 a. m.	2.15	Duración	5:59
	1:07 p. m.	0.57	Diferencia	2:14
10:52:27	10:52 a. m.	1.057201128	Amplitud	1.58
			Corrección	0.487201128
15/4/2019	6:02 a. m.	0.52	Duración	6:30
	12:32 p. m.	2.1	Diferencia	1:39
10:52:27	10:52 a. m.	1.859313934	Amplitud	-1.58
			Corrección	0.240686066
25/4/2019	8:07 a. m.	2.01	Duración	6:09
	2:16 p. m.	0.74	Diferencia	2:46
10:53:15	10:53 a. m.	1.473267801	Amplitud	1.27
			Corrección	0.536732199

5/5/2019	10:14 a. m.	0.41	Duración	6:01
	4:15 p. m.	2.31	Diferencia	0:38
10:52:29	10:52 a. m.	0.462779027	Amplitud	-1.9
			Corrección	0.052779027
10/5/2019	7:46 a. m.	2.13	Duración	6:05
	1:51 p. m.	0.6	Diferencia	2:57
10:53:44	10:53 a. m.	1.330553114	Amplitud	1.53
			Corrección	0.730553114
25/5/2019	8:28 a. m.	1.93	Duración	6:15
	2:43 p. m.	0.78	Diferencia	2:24
10:52:30	10:52 a. m.	1.557684657	Amplitud	1.15
			Corrección	0.372315343
26/12/2019	9:51 a. m.	0.15	Duración	6:24
	4:15 p. m.	2.42	Diferencia	0:41
10:32:36	10:32 a. m.	0.215101908	Amplitud	-2.27
			Corrección	0.065101908

APÉNDICE K: ENCUESTA PARA ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN



Figura 6.10 Resultados de encuesta realizada a expertos