



**FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y
ACUICULTURA**

**CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL FONDO MARINO ENTRE
PUNTA SAL Y PUNTA PARIÑAS**

Línea de investigación:
Condiciones oceanográficas y su impacto en los recursos hídricos

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Pesquero

Autor

García Guerrero, Víctor Andrés

Asesor

Alvarez Verde, Claudio Abdón

ORCID: 0000-0001-9166-1426

Jurado

Martínez Albán, Pascual Alejandro

Mogollón Ávila, Santos Valentín

Blas Ramos, Walter Eduardo

Lima - Perú

2025

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL FONDO MARINO ENTRE PUNTA SAL Y PUNTA PARIÑAS

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%	14%	2%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
2	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
4	qdoc.tips Fuente de Internet	1%
5	www.researchgate.net Fuente de Internet	1%
6	pdfcoffee.com Fuente de Internet	<1%
7	www.igp.gob.pe Fuente de Internet	<1%
8	acolita.com Fuente de Internet	<1%
9	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
11	WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "EIA y Social del Proyecto Prospección Sísmica 2D y 3D en el Lote Z-48-	<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE OCEANOGRAFÍA, PESQUERÍA, CIENCIAS ALIMENTARIAS Y
ACUICULTURA

**CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA DEL FONDO MARINO ENTRE
PUNTA SAL Y PUNTA PARIÑAS**

Línea de Investigación

Condiciones Oceanográficas y su impacto en los recursos hídricos

Tesis para optar al Título Profesional de Ingeniero Pesquero

Autor:

García Guerrero, Víctor Andrés

Asesor:

Alvarez Verde, Claudio Abdón

ORCID: 0000-0001-9166-1426

Jurado:

Martínez Albán, Pascual Alejandro

Mogollón Ávila, Santos Valentín

Blas Ramos, Walter Eduardo

Lima – Perú

2025

Dedicatoria

Agradezco a Dios por permitirme alcanzar este momento, cumplir mis sueños y formar una hermosa familia. A mi padre, Víctor Hugo, por su constante apoyo y ejemplo de vida; a mi madre, Julia, por su amor incondicional, impulso permanente y confianza en mí. A mi esposa Chavely, compañera de vida y madre de mi hija, por su amor y fortaleza en todo momento; y a mi hija Isabella Charlotte, inspiración y motor para lograr mis objetivos personales y profesionales. Finalmente, agradezco a mi querido Perú, por brindarme la oportunidad de conocer personas valiosas y abrirme camino en esta selva de cemento.

ÍNDICE

Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción y formulación del problema.....	2
1.1.1. Descripción del problema.....	2
1.1.2. Formulación del problema	3
1.2. Antecedentes	3
1.3. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos.....	4
1.4. Justificación.....	5
1.5. Hipótesis.....	6
II. MARCO TEÓRICO	7
2.1. El Margen Continental Peruano	7
2.1.1. La plataforma continental.....	10
2.1.2. Talud continental.....	10
2.1.3. Fosa Perú – Chile.....	11
2.2. Segmentación del Margen.....	12
2.2.1. Provincia A	15
2.3. Rasgos Predominantes de la Zona A.....	16
2.3.1. Montes submarinos	16

2.3.2.	<i>Cañones submarinos</i>	17
2.3.3.	<i>Fallas</i>	20
2.4.	Investigación del margen continental peruano utilizando datos batimétricos y reflexión sísmica	20
III.	MÉTODO	23
3.1.	Tipo de Investigación	23
3.2.	Ámbito temporal y espacial.....	23
3.3.	Variables.....	24
3.3.1.	<i>Independiente</i>	24
3.3.2.	<i>Dependiente</i>	24
3.4.	Población y Muestra.....	25
3.4.1.	<i>Población</i>	25
3.4.2.	<i>Muestra</i>	25
3.5.	Instrumentos	25
3.6.	Procedimientos	25
3.6.1.	<i>Procesamiento de los datos</i>	25
3.7.	Análisis de datos.....	32
IV.	RESULTADOS.....	33
4.1.	Morfología del Margen continental peruano.....	33
4.1.1.	<i>Principales morfoestructuras del margen continental peruano</i>	33
4.1.2.	<i>Principales rasgos morfológicos del margen continental peruano</i>	39
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	58

5.1. Aspectos geomorfológicos	58
5.2. Aspectos granulométricos y de bentos	58
5.3. Aspectos biológicos.....	60
VI. CONCLUSIONES	64
VII. RECOMENDACIONES	65
VIII. REFERENCIAS.....	66
IX. ANEXOS	71
ANEXO A. Fotografías pertenecientes al litoral de Punta Sal - Tumbes	71
ANEXO B. Fotografías pertenecientes al litoral de Punta Pariñas - Negritos	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Zona de convergencia Océano-Continental.....	8
Figura 2 Distribución del margen continental peruano según Schweigger	9
Figura 3 Corte transversal Este - Oeste del margen continental peruano	11
Figura 4 Morfoestructuras del margen convergente peruano.	13
Figura 5 Provincias fisiográficas del talud continental.....	14
Figura 6 Provincia fisiográfica A.....	15
Figura 7 Perfil batimétrico de la provincia A	16
Figura 8 Clasificación de los cañones submarinos	18
Figura 9 Representación del cañón submarino de Bering y sus cañones tributarios	19
Figura 10 Representación esquemática del mecanismo aplicado en hidroacústica.....	21
Figura 11 Perfil de reflexión sísmica de una llanura abisal	22
Figura 12 Delimitación del área de estudio de la carta náutica DHN N°112	24
Figura 13 Grilla batimétrica.....	26
Figura 14 Generación de una sombra Hillshade	27
Figura 15 Mapa de sombras Hillshade derivado del Modelo Digital de Elevación (DEM).....	28
Figura 16 <i>Generación del mapa de pendientes derivado del Modelo Digital de Elevación (DEM)</i>	29
Figura 17 Generación de curvas de nivel.....	30
Figura 18 Obtención de los rasgos morfológicos	31
Figura 19 <i>Relación entre el área y perímetro de las principales Morfoestructuras de la Carta Náutica de Recalada DIHIDRONAV N° 112.</i>	35
Figura 20 <i>Relación entre la profundidad máxima y mínima de las principales Morfoestructuras del Margen Continental Peruano enmarcados en la carta náutica de recalada N° 112.</i>	36

Figura 21 <i>Perfiles de sectores localizados pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112 a partir del modelo de elevación digital (DEM)</i>	37
Figura 22 <i>Perfil AA' Este – Oeste (sector norte) trazado a la altura de Punta Sal y perteneciente a la carta náutica de recalada N° 112 a partir del modelo de elevación digital (DEM)</i>	38
Figura 23 <i>Perfil DD' Este – Oeste (sector sur) trazado a la altura de Punta Pariñas y perteneciente a la carta náutica de recalada N° 112 a partir del modelo de elevación digital (DEM)</i>	39
Figura 24 <i>Relación de área vs perímetro de los montes submarinos pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.</i>	41
Figura 25 <i>Profundidad máxima y mínima en la columna de agua respecto a los montes submarinos ubicados en el Margen Continental Peruano y enmarcados en la carta náutica de recalada N° 112.</i>	42
Figura 26 <i>Perfil BB' de Monte Submarino “C” trazado de Este – Oeste (Talud Superior)</i>	43
Figura 27 <i>Perfil CC' de Cañón Submarino “Talara 1” trazado de Noreste – Suroeste</i>	45
Figura 28 <i>Representación del Cañón submarino de Talara a partir del modelo de elevación digital (DEM) de la carta náutica de recalada N° 112</i>	45
Figura 29 <i>Corte Noreste – Suroeste 1A del Cañón submarino de Talara</i>	46
Figura 30 <i>Corte Noreste – Suroeste 2A del Cañón submarino de Talara</i>	46
Figura 31 <i>Corte Noreste – Suroeste 3A del Cañón submarino de Talara</i>	47
Figura 32 <i>Relación de área vs perímetro de los cañones submarinos tipo 1 y 2 pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.</i>	47
Figura 33 <i>Profundidad máxima y mínima en la columna de agua respecto a los cañones submarinos de tipo 1 y 2 ubicados en el Margen Continental Peruano y enmarcados en la carta náutica de recalada N° 112.</i>	48

Figura 34 Relación de área vs perímetro de los cañones submarinos tipo 3 pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.....	50
Figura 35 Profundidad máxima y mínima en la columna de agua respecto a los cañones submarinos de tipo 3 ubicados en el Margen Continental Peruano y enmarcados en la carta náutica de recalada N° 112.	51
Figura 36 Relación entre el número total de tributarios y la sumatoria de longitudes unitarias de cada tributario por cada cañón submarino de tipo 1 y 2, pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.....	53
Figura 37 Relación entre el número total de tributarios y la sumatoria de longitudes unitarias de cada tributario por cada cañón submarino de tipo 3, pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.....	55
Figura 38 Corte Noreste – Suroeste de la Cuenca Sedimentaria “B” pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112	56
Figura 39 Mapa Geomorfológico pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Medidas de superficie de las principales Morfoestructuras del Margen Continental Peruano.	35
Tabla 2 Principales medidas de superficie de los montes submarinos pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.	40
Tabla 3 Principales medidas de superficie de los cañones submarinos Tipo 1 y 2 pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.	44
Tabla 4 Principales medidas de superficie de los cañones submarinos Tipo 3 pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.....	49
Tabla 5 Número total de tributarios y la sumatoria de longitudes unitarias expresa en Km por cañón submarino de Tipo 1 y 2, pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.	52
Tabla 6 Número total de tributarios y la sumatoria de longitudes unitarias expresa en Km por cañón submarino de Tipo 3, pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.	54
Tabla 7 Principales medidas de superficie de las principales cuencas submarinos pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112	56
Tabla 8 Principales medidas de superficie de las principales cuencas submarinos pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112	59
Tabla 9 Cuadro taxonómico de especies pertenecientes a los cañones del margen continental sureste de Australia	61
Tabla 10 Cuadro taxonómico de especies pertenecientes a los cañones del margen continental sureste de Australia	63

Resumen

La presente investigación caracteriza la geomorfología del fondo comprendido entre Punta Sal ($80^{\circ}57'W$, $03^{\circ}53'S$) y Punta Pariñas ($81^{\circ}37'W$, $04^{\circ}51'S$) correspondiente a la Carta Náutica de Recalada N.º 112, elaborada a partir de los datos obtenidos durante el Crucero de Investigación denominado INGEMAR I (2016). El área de estudio abarca $4,800 \text{ Km}^2$, con profundidades de columna de agua que oscilan entre 50 y 3,300 m. Mediante el análisis batimétrico multihaz y la generación de mapas de pendientes, sombras y curvas de nivel en QGIS, se identificaron las principales morfoestructuras: la plataforma continental de $1,503 \text{ km}^2$ de área, el talud superior de $2,852 \text{ Km}^2$ de área y un talud medio de 940 Km^2 de área. Asimismo, se registraron siete montes submarinos y treinta cañones, clasificados en tres tipos según su origen y desarrollo, destacando el cañón de Talara (228 Km^2 , hasta 3,000 m de profundidad) y el de Negritos (102 Km^2 , hasta 2 600 m). Los resultados permiten una primera caracterización detallada de las geoformas submarinas de la zona norte del margen convergente peruano, constituyendo un aporte para futuras investigaciones sobre procesos geodinámicos, biodiversidad y recursos energéticos marinos.

Palabras clave: margen continental peruano, geomorfología submarina, batimetría multihaz, cañones submarinos, montes submarinos.

Abstract

This research characterizes the seafloor geomorphology between Punta Sal (80°57'W, 03°53'S) and Punta Pariñas (81°37'W, 04°51'S), corresponding to Nautical Chart N.º 112, based on data collected during the INGEMAR I scientific cruise (2016). The study area covers 4,800 Km², with water depths ranging from 50 to 3,300 m. Using multibeam bathymetric analysis and the generation of slope, hillshade, and contour maps in QGIS, the main morpho structures were identified: the continental shelf (1,503 Km²), the upper slope (2,852 Km²), and the middle slope (940 Km²). In addition, seven seamounts and thirty submarine canyons were recorded, classified into three types according to their origin and development. The most prominent features are the Talara Canyon (228 km², up to 3,000 m deep) and the Negritos Canyon (102 Km², up to 2,600 m). The results provide the first detailed characterization of the submarine landforms of the northern Peruvian convergent margin, offering valuable insights for future studies on geodynamic processes, marine biodiversity, and potential energy resources.

Keywords: Peruvian continental margin, submarine geomorphology, multibeam bathymetry, submarine canyons, seamounts.

I. INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo, la teoría de la tectónica de placas ha permitido comprender los procesos de formación de los márgenes convergentes. En el caso del margen convergente peruano, este presenta un comportamiento erosivo debido a la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana (Tarbuck y Lutgens, 2005). Dicho proceso, conocido como erosión por subducción, genera un progresivo incremento de la profundidad del margen y favorece el desarrollo de fallas, cañones y otras geoformas características.

El estudio de estas estructuras se ha realizado mediante técnicas directas e indirectas, tales como técnicas de muestreo (dragas Van Veen, pistón corer, entre otras) y técnicas acústicas y/o geofísicas (ecosondas multihaz, perfilador sísmico de subsuelo), así como también métodos hidroacústicos (Von Huene et al., 2004). Sin embargo, en el Perú los trabajos disponibles son limitados y suelen describir de manera general el margen continental, sin ofrecer una caracterización detallada de zonas específicas de interés.

En este contexto, la presente investigación se centra en el área comprendida entre Punta Sal y Punta Pariñas, correspondiente a la Carta Náutica de Recalada N.º 112, elaborada a partir de los datos del crucero científico INGEMAR I (2016), desarrollado por la Dirección de Hidrografía y Navegación (DHN) en cooperación con el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

El objetivo principal es caracterizar la geomorfología del fondo marino de este sector mediante el análisis de datos batimétricos multihaz y la generación de mapas de pendientes, sombras y curvas de nivel en QGIS, con el fin de identificar las principales morfoestructuras y rasgos submarinos presentes.

Este estudio constituye un aporte inicial al conocimiento detallado del margen convergente peruano en su sector norte, y proporciona información relevante para

investigaciones posteriores sobre geoformas submarinas, procesos geodinámicos, biodiversidad marina y potenciales recursos naturales.

1.1. Descripción y formulación del problema

1.1.1. Descripción del problema

En el Perú el estudio de la morfología del fondo marino es escasa y cuenta con una documentación limitada.

Los estudios existentes se centran en describir aspectos morfológicos generales, sin profundizar en los rasgos característicos específicos de estas áreas; asimismo, como resultado los informes nacionales suelen ofrecer descripciones generales del fondo marino y los estudios realizados se enfocan mayormente en áreas de gran extensión. (Garcia et al., 2009).

Los estudios realizados en alta resolución basados en la morfología del fondo marino para el margen convergente peruano son escasos y en específico para la zona ubicada entre Punta Sal y Punta Pariñas que directamente puedan caracterizar los principales rasgos morfológicos de la zona; una de las principales limitantes es la falta de equipos acústicos de última generación necesarios para realizar un barrido general en dichas zonas, como también es necesario el financiamiento de dichas expediciones científicas con un personal científico especializado en la materia, siendo uno de los pocos precedentes el artículo científico denominado Distribución textural y granulométrica de sedimentos marinos superficiales en la Carta Náutica n°112. (Herrera, 2021).

Cabe señalar que las investigación que se han realizado son reportes y resúmenes regionales que abarcan una gran extensión del litoral peruano y que no reflejan una caracterización detallada del fondo marino, omitiendo así un análisis más exhaustivo de los datos recabados en los cruceros de investigación INGEMAR I; por lo cual deberá realizarse una primera caracterización de la geomorfología del fondo marino con cobertura tridimensional, que permita dar a conocer los principales rasgos geomorfológicos tales como

fallas, montes, cuencas y cañones submarinos, así como también las principales formas dominantes del relieve marino, los diversos fenómenos observados en dicha zona y la presencia de ecosistema marinos.

1.1.2. Formulación del problema

¿Es posible caracterizar de manera detallada las principales morfoestructuras y rasgos submarinos del margen convergente peruano, en el sector comprendido entre Punta Sal y Punta Pariñas, a partir del análisis de datos batimétricos de alta resolución obtenidos durante el crucero INGEMAR I (2016)?

1.2. Antecedentes

Los rasgos morfológicos presentes en los márgenes convergentes han adquirido una creciente relevancia a nivel mundial, lo que ha despertado un notable interés en la investigación, como se detalla a continuación:

Santos Barrera (2015) presentó los resultados del análisis de datos batimétricos recolectados en 2008 durante una campaña desarrollada en colaboración con la Agencia Nacional de Hidrocarburos en dos sectores del Pacífico colombiano. Dichos datos se utilizaron para la caracterización de las geoformas submarinas localizadas en el margen continental, específicamente en las áreas comprendidas entre Bahía Solano y la bahía de Baudó, así como entre la bahía de Tumaco y la bahía Ancón Sardinas.

Collot et al. (2009) analizaron la morfología y la evolución tectónica del margen convergente de Ecuador mediante datos batimétricos multihaz y perfiles sísmicos. Los autores identificaron cañones submarinos, montes y relieves asociados a la subducción de la Cordillera Carnegie, destacando el papel de estas geoformas en la segmentación y deformación del margen. Su investigación evidenció cómo la interacción entre estructuras tectónicas y procesos sedimentarios controla la configuración del fondo marino y la dinámica de los ecosistemas asociados.

En el Perú, durante el año 2016, se desarrolló el crucero de investigación denominado INGEMAR I a bordo del buque de la Armada Peruana “B.A.P. Zimic”. Esta campaña, impulsada por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en cooperación con la Dirección de Hidrografía y Navegación (HIDRONAV), incluyó el levantamiento batimétrico multihaz y la recolección de muestras de sedimentos marinos superficiales, lo que permitió realizar la caracterización textural y el cartografiado geomorfológico del fondo marino correspondiente a la Carta Náutica Recalada N.º 112, a una escala de 1:100,000.

Durante este crucero, Herrera (2019) llevó a cabo el análisis de granulometría, mineralogía y geoquímica de los sedimentos marinos superficiales, obteniendo así una primera caracterización textural del margen continental peruano en el sector comprendido entre Punta Sal y Punta Pariñas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Caracterizar la geomorfología del fondo marino entre Punta Sal y Punta Pariñas, a partir del análisis de datos batimétricos de alta resolución obtenidos en el crucero científico INGEMAR I (2016), con el fin de identificar las principales morfoestructuras y rasgos submarinos del margen convergente peruano en su sector norte.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Compilar los datos batimétricos obtenidos durante el crucero de investigación INGEMAR I para observar el fondo marino.
- Analizar cuáles son los rasgos principales del fondo marino utilizando los datos del crucero de investigación INGEMAR I utilizando el programa QGIS.
- Agrupar los rasgos morfológicos de la zona de estudio encontrados durante el procesamiento de los datos del crucero de investigación INGEMAR I.

- Realizar la caracterización la geomorfología de la zona de estudio detallando los principales rasgos obtenidos.
- Realizar un mapa de las principales geoformas submarinas en la carta náutica N° 112 ubicado entre Punta Sal y Punta Pariñas.

1.4. Justificación

El margen convergente peruano presenta una dinámica geológica compleja, resultado de la subducción de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana. Esta interacción genera un relieve submarino diverso, en el que destacan cañones, montes y taludes que cumplen un rol fundamental en los procesos sedimentarios, tectónicos y biológicos.

Si bien existen estudios generales sobre la geomorfología submarina del Perú, la zona comprendida entre Punta Sal y Punta Pariñas carece de una caracterización detallada, a pesar de su importancia geodinámica y ambiental. El acceso a datos batimétricos multihaz obtenidos durante el crucero científico INGEMAR I (2016) brinda la oportunidad de subsanar esta carencia y aportar información de alta resolución sobre la morfología del fondo marino en este sector.

En este sentido, la investigación se justifica porque:

- Contribuye al conocimiento científico de los procesos tectónicos y geomorfológicos en un margen convergente activo.
- Genera información técnica necesaria para la elaboración de mapas marinos de precisión, con aplicaciones en navegación, exploración y gestión ambiental.
- Proporciona una base para estudios multidisciplinarios sobre biodiversidad marina y potencial de recursos energéticos.

Asimismo, la relevancia del estudio radica en que constituye la primera caracterización detallada de las geoformas submarinas del norte del margen convergente peruano. Sus

resultados permiten ampliar el conocimiento sobre la dinámica geológica regional y ofrecen insumos valiosos para la investigación científica, la planificación marítima y la conservación ambiental.

Además, al integrar herramientas de análisis geoespacial (QGIS) con datos batimétricos de alta resolución, la investigación fortalece la capacidad metodológica para futuros estudios marinos en el Perú. De este modo, el trabajo no solo cubre un vacío en la literatura científica, sino que también genera información aplicable a la gestión sostenible del espacio marino.

1.5. Hipótesis

El análisis de los datos batimétricos multihaz del crucero científico INGEMAR I (2016) permite identificar y caracterizar con precisión la plataforma continental, taludes, cañones y montes en el sector comprendido entre Punta Sal y Punta Pariñas.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. El Margen Continental Peruano

El margen continental peruano según la tectónica de placas es un margen de tipo convergente erosivo caracterizado por la colisión entre una placa tectónica de tipo oceánica (Placa de Nazca) y la placa sudamericana de tipo continental, dicho encuentro entre placas genera una zona de subducción (Figura 1). Esta zona de subducción es generada por dos grandes fuerzas tectónicas, una proveniente del empuje de las dorsales meso-oceánicas que los direcciona hacia la placa continental y que ésta a su vez genera una fuerza contraria a la placa oceánica, la otra gran fuerza es generada por la fuerza gravitatoria. La fuerza gravitatoria está originada debido a la diferencia de densidades entre las placas esto quiere decir que la placa continental debido a su composición química es menos pesada que la placa oceánica y por ende esta última tiende a subducirse, hundiéndose en el manto (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Desde una perspectiva morfoestructural, Macharé et al. (1986) caracterizan el margen continental peruano, señalando que tanto la fosa oceánica como una fracción de la región del antearco se encuentran situadas por debajo del nivel marino actual. Asimismo, destacan que el antearco se extiende desde la fosa hasta la cordillera occidental, área que corresponde al arco magmático. En términos morfológicos, en esta zona se distinguen cuatro sectores alargados y paralelos a la fosa: la plataforma continental, el alto estructural identificado por Thornburg y Kulm (1981), el talud superior y el talud medio e inferior.

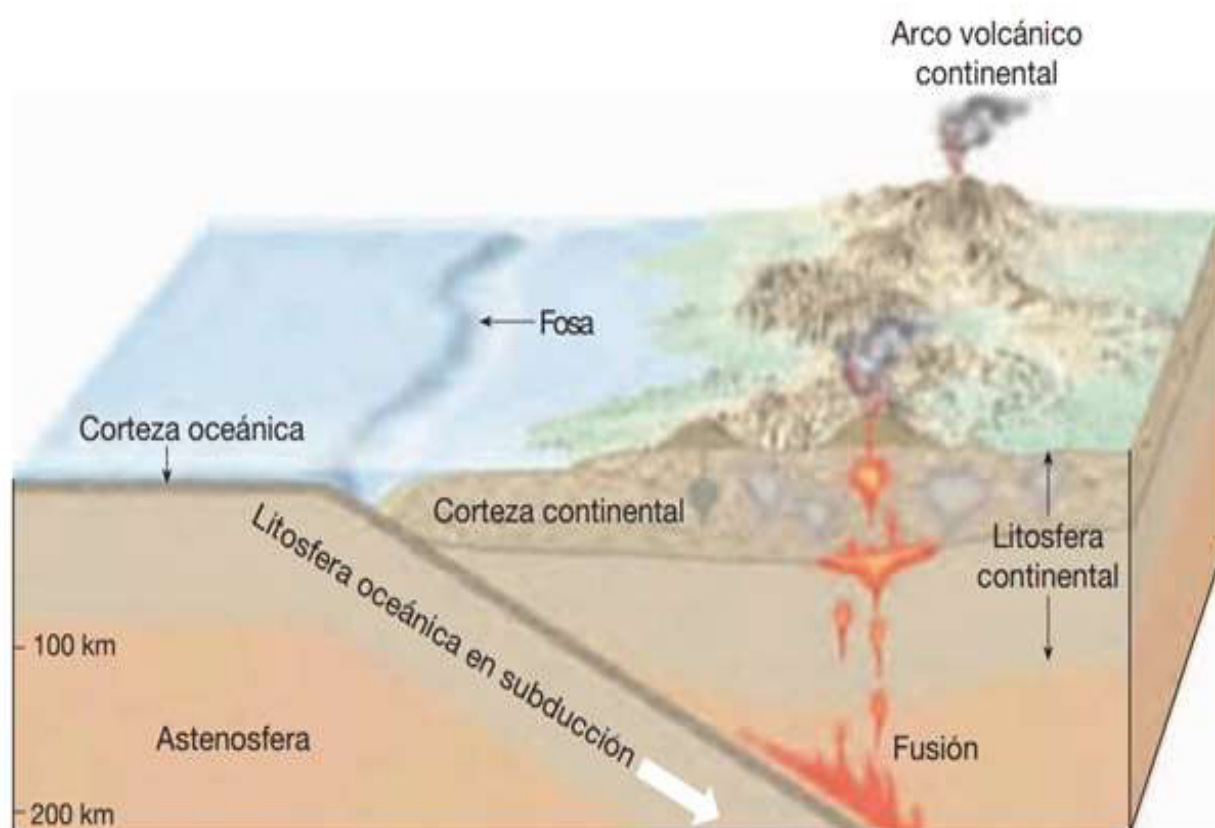
Asimismo, Schweigger (1947), precisa que, el margen continental peruano está dividido en tres zonas, las cuales cada una está definida por características específicas dentro del litoral peruano, estas zonas comprenden la zona norte, zona centro y zona sur.

En la presente investigación, el área de estudio se ubica entre Punta Sal, en el departamento de Tumbes, y Punta Aguja, en el departamento de Piura. De acuerdo con

Schweigger (1947), este sector corresponde a la Zona Norte del margen continental peruano, tal como se muestra en la Figura 2.

Figura 1

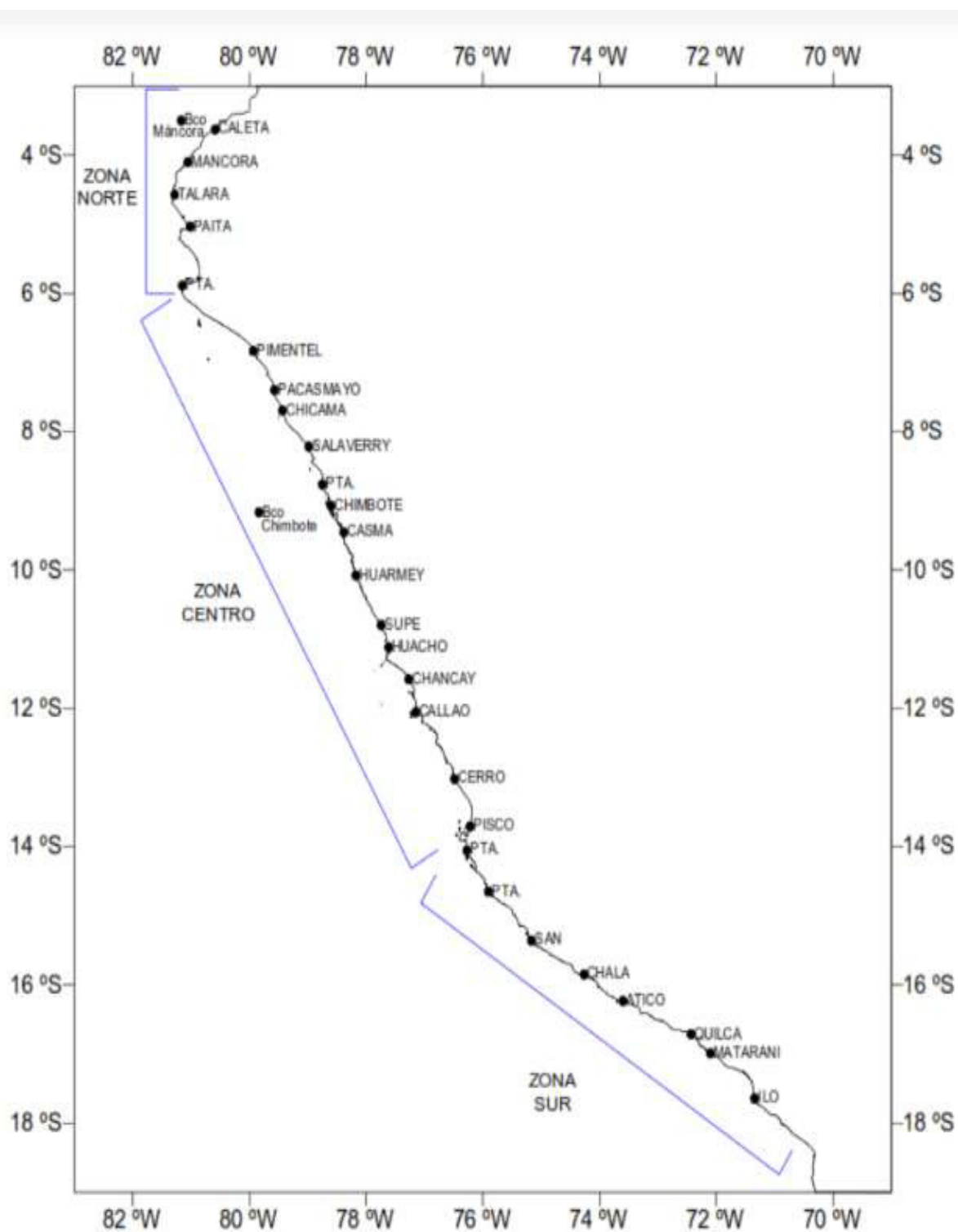
Zona de convergencia Océano-Continental



Nota. Margen convergente erosivo (zona de convergencia Océano - Continental), tomado de (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Figura 2

Distribución del margen continental peruano según Schweigger



Nota. El margen continental peruano está dividido en tres (3) zonas: Zona norte, Zona centro y Zona sur, tomado de Schweigger (1947).

2.1.1. La plataforma continental

La plataforma continental es la zona del margen continental peruano que tienen inicio a partir de la línea de costa hasta una profundidad de columna de agua de 200 m, o en el cual el cambio de pendiente sea brusco. (Teves y Evangelista, 1976).

La plataforma continental mayormente es caracterizada por una superficie llana casi horizontal con pocos cambios en su relieve, otra característica es que está carente de cañones submarinos, sus dimensiones varían de norte a sur, siendo el norte más estrecho en las cercanías de los 6° como se puede apreciar en la figura 3. (Masías, 1976).

2.1.2. Talud continental

El talud continental se encuentra delimitado entre plataforma continental y la llanura abisal, posee una mayor pendiente que la plataforma continental y unas de sus principales características son la gran cantidad de cañones submarinos que esta posee (Teves y Evangelista, 1976).

Según las características morfoestructurales el talud continental peruano, se logra fragmentar en talud superior, medio e inferior como se puede apreciar en la figura 3 (Bourgois et al., 1986).

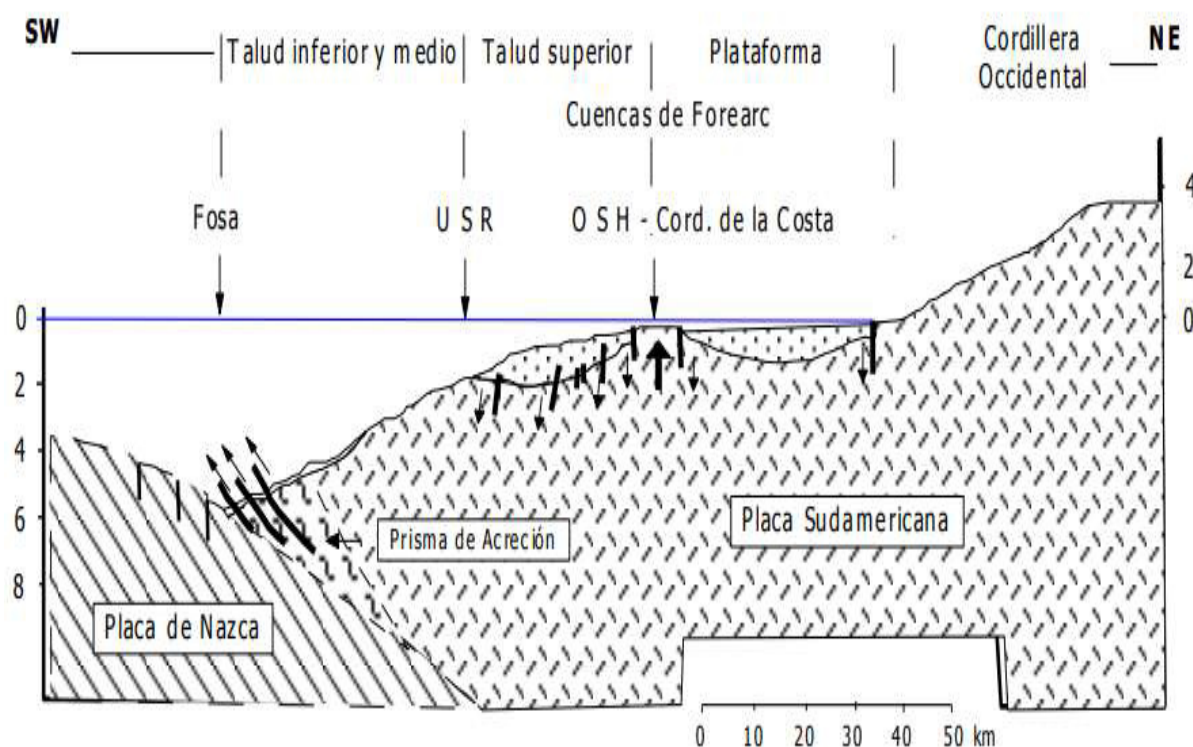
2.1.2.1. Talud Superior. El talud superior se encuentra delimitado entre el borde de la plataforma continental y los 3,000 m de profundidad de columna de agua y el borde de la plataforma continental. Se caracteriza por ser una superficie llana con una pendiente aproximada de 5°. Esta zona posee unos 30 Km de ancho y está seccionado por unos pocos cañones paralelos a la línea de mayor pendiente. (Teves y Evangelista, 1976)

2.1.2.2. Talud Medio. El talud medio posee una morfología de mayor complejidad, una de sus características más resaltantes es que es esta parte del talud se encuentra la mayor cantidad de cañones, cuencas sedimentarias, montes submarinos y fallamiento, haciéndola tan compleja y poco documentada. (Teves y Evangelista, 1976)

2.1.2.3. Talud Inferior. El talud inferior se caracteriza por un relieve formado por elevaciones bajas y depresiones poco profundas que a menudo se cierran. No posee una organización morfoestructural evidente. En divergencia, el límite de la pendiente inferior con el pozo está subrayado por la caída repentina y continua de unos 500 m de altura. Esto corresponde a la aparición del contacto de subducción. (Teves y Evangelista, 1976)

Figura 3

Corte transversal Este - Oeste del margen continental peruano



Nota. Representación gráfica de las principales morfoestructuras del margen continental peruano, tomado de Macharé et al. (1986).

2.1.3. Fosa Perú – Chile

La fosa Perú – Chile es el producto de la subducción particularmente producida por la placa de nazca que es subducida hacia la astenosfera, recorre gran parte de la costa occidental sudamericana siendo también paralela a los Andes, la cual posee entre 5,000 a 8,000 metros bajo el nivel del mar. (Tarbuck y Lutgens, 2005)

Dicha fosa oceánica no es una de la más profundas, pero si es una de las más grandes longitudinalmente del planeta, siendo superada solamente por el sistema de fosas de la India Oriental y Kuril-Japón (Fisher, 1974).

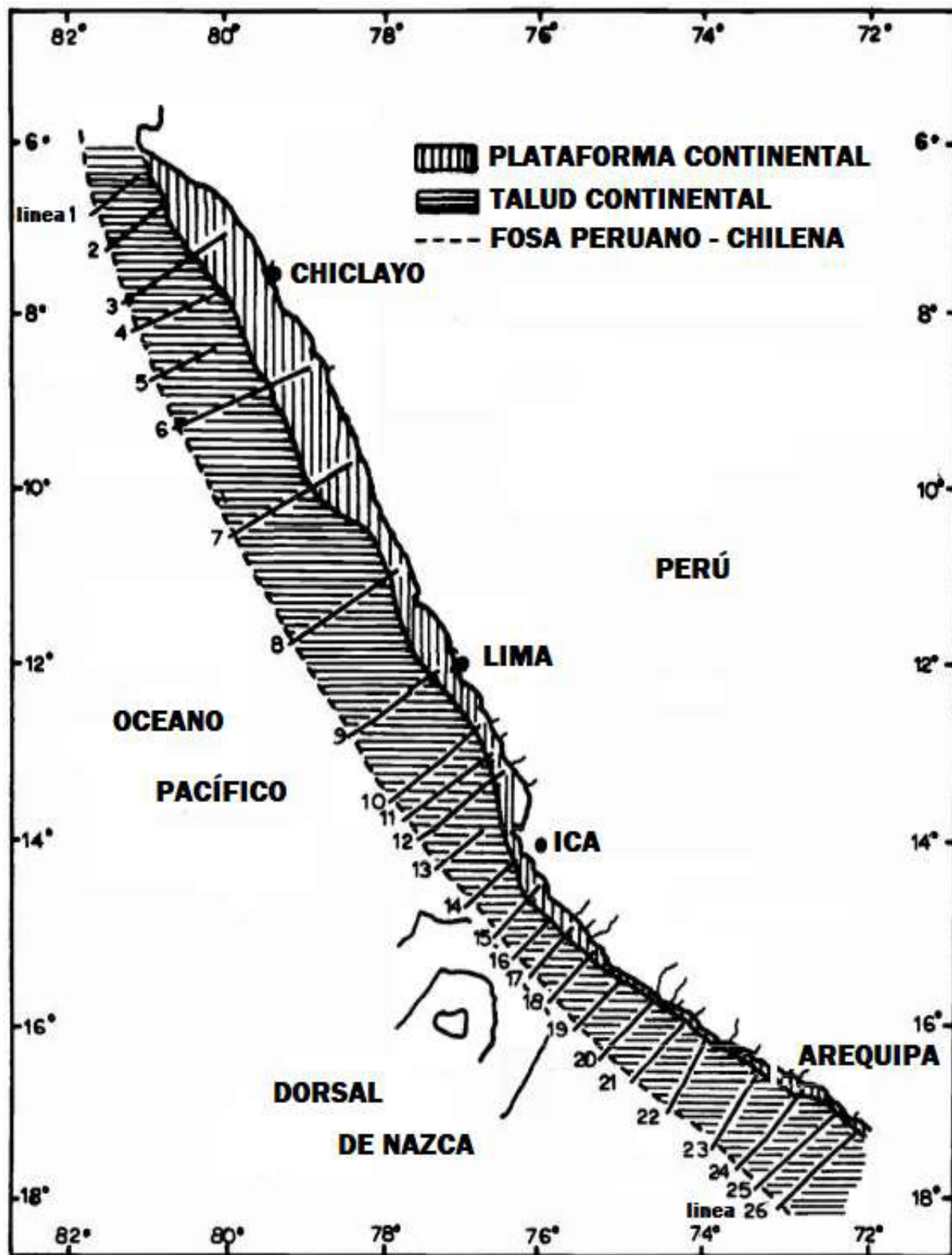
2.2. Segmentación del Margen

Masías (1976) definió que, el margen continental peruano está ubicado longitudinalmente en la parte oeste de Sudamérica delimitado entre las latitudes $3^{\circ}30'S$ y $18^{\circ}S$ y es la continuación del área continental la cual desciende aproximadamente entre 5,000 a 7,000 m de profundidad hasta alcanzar la fosa oceánica peruano-chilena y teniendo como limites la Placa de Nazca al oeste y al este la costa peruana, las geoformas características de la costa y la cordillera de los Andes. (figura 4)

Asimismo, Masías (1976) dividió el talud continental en cuatro provincias fisiográficas denominadas A, B, C y D como se presenta en la figura 5 y teniendo como base sus características geomorfológicas comunes, siendo de mayor relevancia para la presente tesis la Provincia A, la cual abarca el área de estudio delimitado líneas arriba.

Figura 4

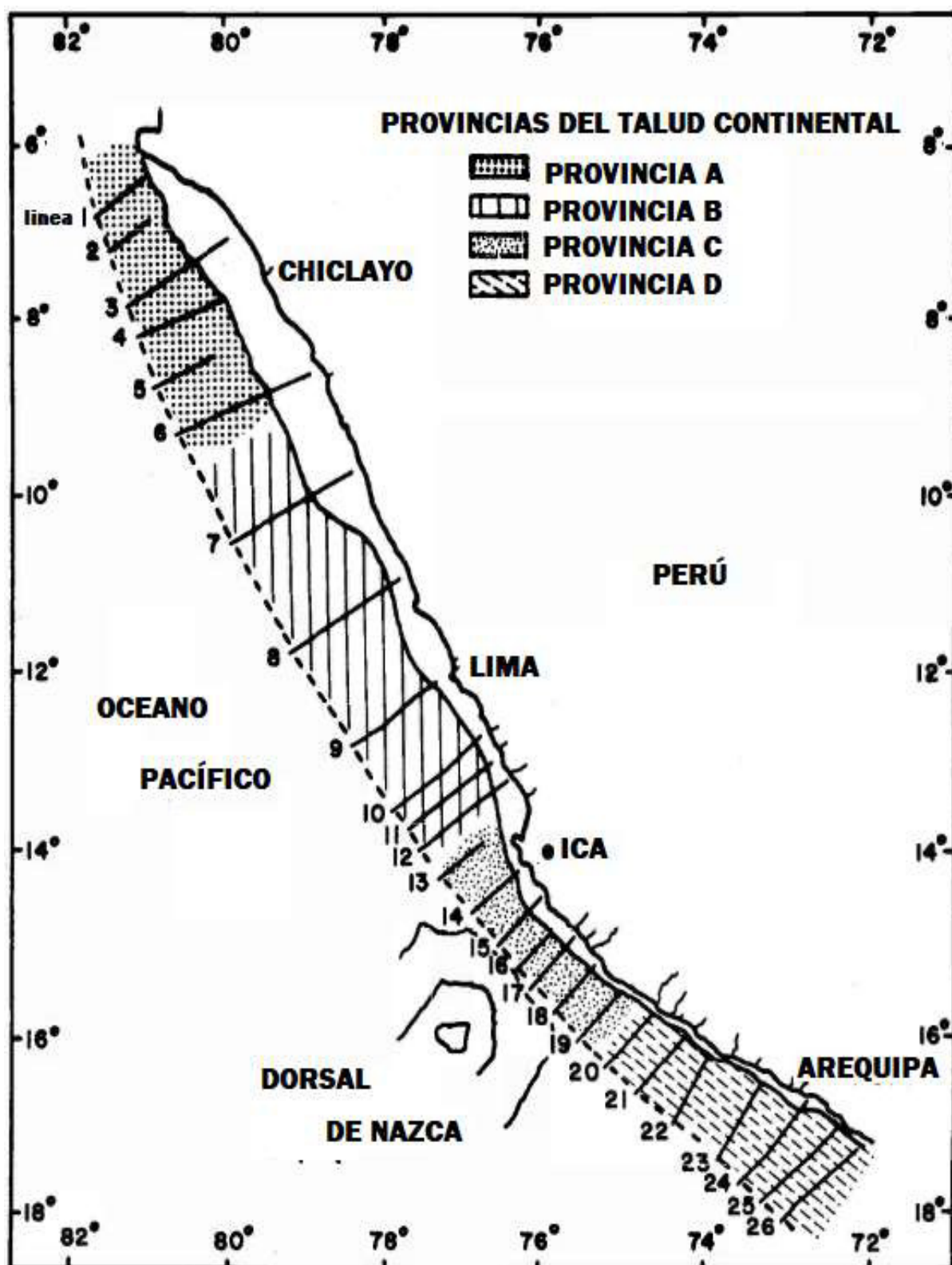
Morfoestructuras del margen convergente peruano.



Nota. Se presenta las principales Morfoestructuras constituidas por la plataforma continental, el talud continental y la fosa peruano – chilena, Tomado de Masías (1976).

Figura 5

Provincias fisiográficas del talud continental



Nota. Representación gráfica de las cuatro provincias fisiográficas del talud continental, tomado de Masías (1976).

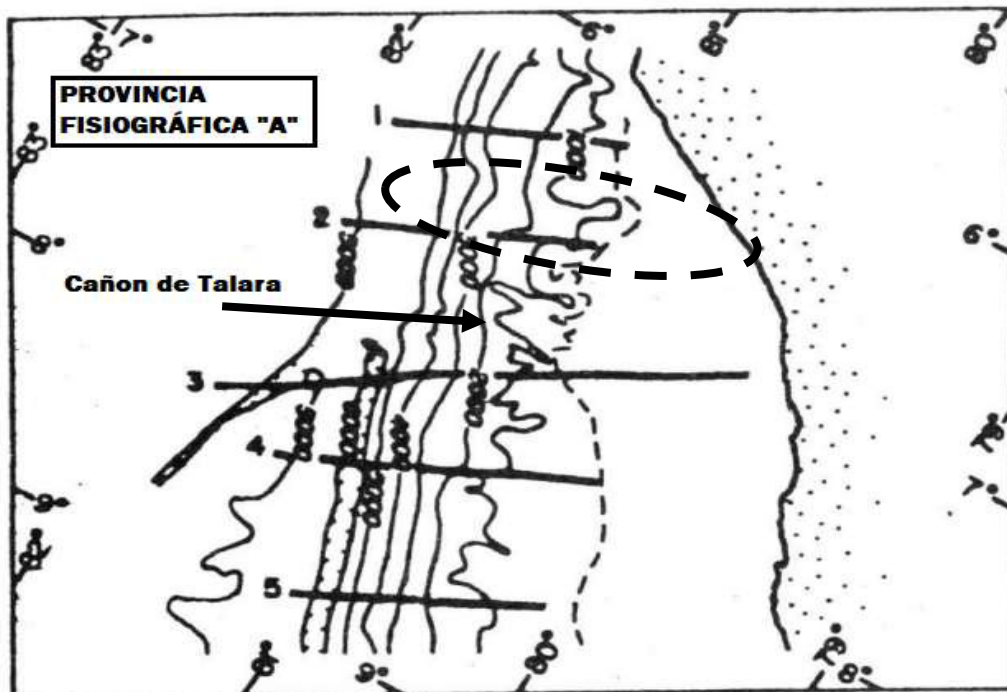
2.2.1. Provincia A

Masías (1976) refiere que, la provincia (A) se ubica en la parte norte del margen convergente peruano, situándose entre los 6° y los 9° 30'S (Fig. 6), posee una anchura media de 90 Km y un fondo marino muy irregular.

La pendiente del talud continental superior oscila entre 1:45 y 1:35, el talud medio tiene una pendiente promedio de 1:16, mientras que el talud inferior desciende abruptamente hacia la fosa con un gradiente medio de 1:6. (Prince, 1974); asimismo, en esta zona se ha identificado la presencia de cañones submarinos prominentes cuyas cabeceras se encuentran cerca del borde exterior de la plataforma continental, siendo el cañón submarino de talara el más notable y profundo de la parte norte de la provincia A, tal como se muestra en el perfil batimétrico N° 2 (Fig. 7), presentando una profundidad de 900 m y una anchura de 14 Km en el talud superior.

Figura 6

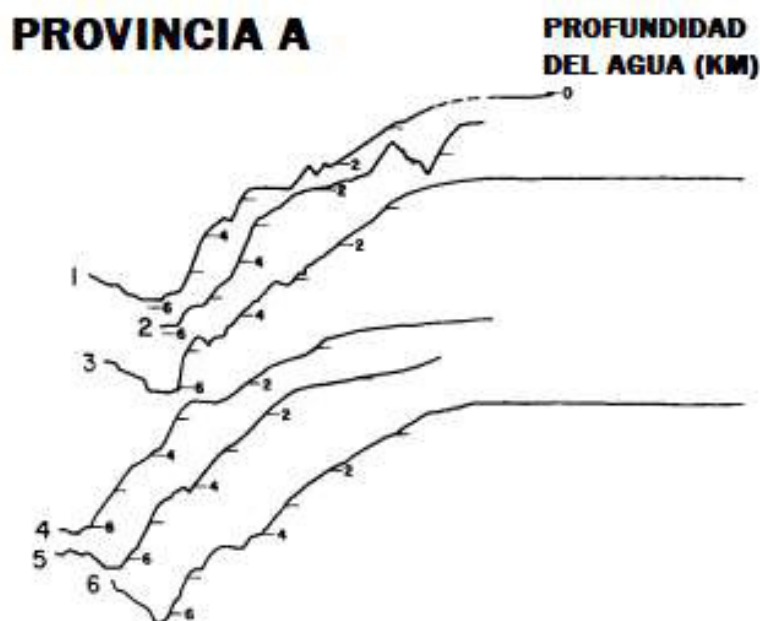
Provincia fisiográfica A



Nota. Mapa de transectos de la provincia A que contiene los perfiles batimétricos y de reflexión sísmica, tomado de Masías (1976).

Figura 7

Perfil batimétrico de la provincia A



Nota. Representación de los perfiles batimétricos de la provincia A, el cual destaca el perfil batimétrico N° 2 y que pertenece al cañón submarino de Talara, Tomado de Masías (1976).

2.3. Rasgos Predominantes de la Zona A

2.3.1. Montes submarinos

Los montes submarinos han sido ampliamente conceptualizados por varios autores, sin embargo la definición más utilizada por la comunidad científica e investigadores es la que recomienda la Organización Hidrográfica Internacional (Würtz y Rovere, 2015), esta definición refiere que los montes submarinos son elevaciones o un grupo de elevaciones extensas y aisladas que poseen un relieve mayor a los 1,000 m medidos desde la base del lecho marino, caracterizado en su gran mayoría por presentar una forma cónica (OHI, 2019).

No obstante, para la presente investigación se utilizará la definición del autor Wessel et al. (2010) el cual refiere que los montes submarinos se identifican como volcanes activos o inactivos que poseen una elevación mayor a los 100 m y los cuales nos brindan una idea de cómo varía la actividad volcánica entre placas, por su parte Allain et al. (2006), refiere que

dicha definición abarca cualquier elevación que llegue a tener un impacto en el ecosistema próximo a cualquier monte submarino.

Cabe mencionar que montes submarinos son objeto de estudio a nivel mundial por los oceanógrafos físicos ya que principalmente se ha identificado que son zonas denominadas oasis biológicos, sirven como habitat de vida marina ya que algunos montes son activos y aportan sustancias químicas expulsado de la corteza aprovechados por organismos vivos, también es de conocimiento que influyen en las corrientes oceánicas y generan remolinos. (Lavelle y Mohn, 2010.)

2.3.2. Cañones submarinos

Los cañones submarinos están definidos como valles elevados en forma de “V” con cabeceras en la plataforma continental y de longitud en forma recta, sinuosa o meándrica que poseen un relieve mayor e igual a los cañones terrestres. (Shepard, 1963, 1981). Su extensión se identifica a lo largo del talud continental y mayormente pueden estar vinculados a numerosos afluentes llamados tributarios laterales los cuales cumplen la función de alimentar su curso superior e intermedio, de igual manera a los cañones fluviales en la tierra (Neuendorf et al., 2005).

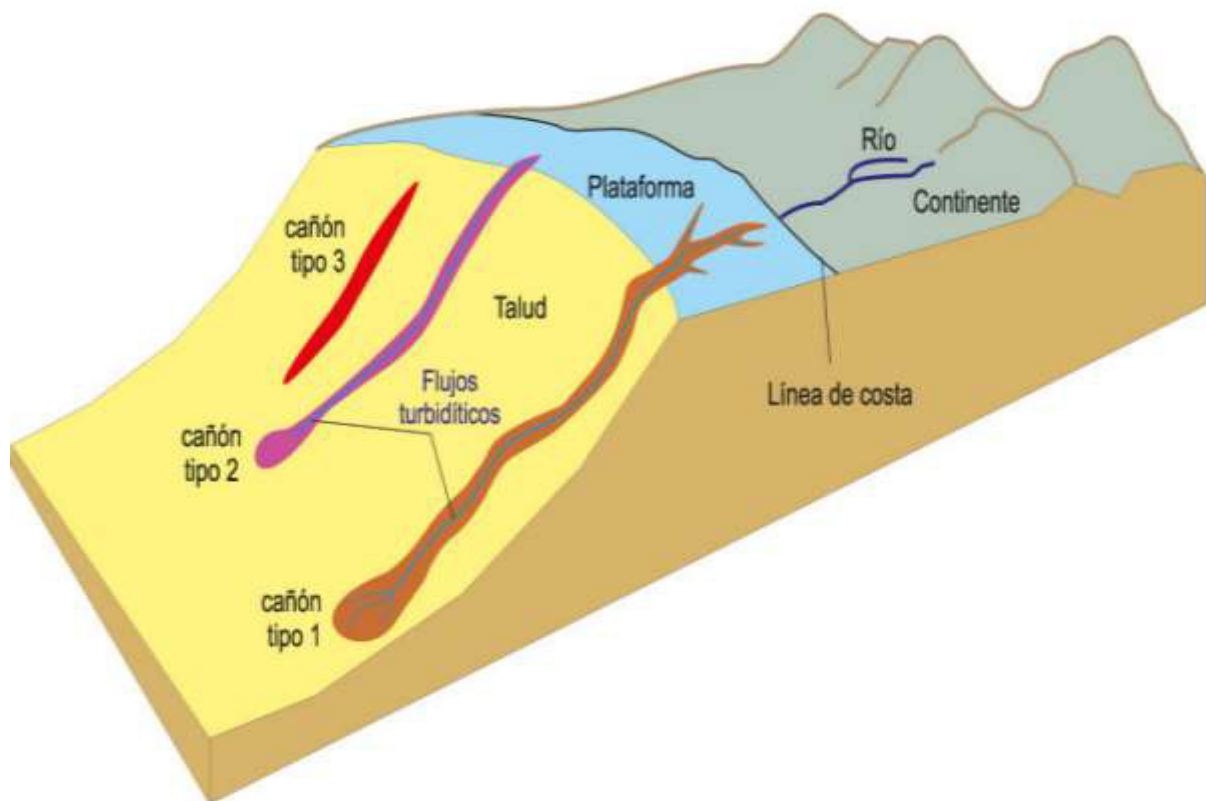
Según la interpretación de los datos batimétricos del Earth Topography - ETOPO 1 (Harris y Whiteway, 2011; Harris et al., 2014) se consigue clasificar globalmente los principales cañones submarinos en 3 tipos (Figura 8); Tipo1: los cañones que tienen su cabecera incidiendo en la plataforma continental y poseen una visible conexión con un sistema fluvial; Tipo 2: los cañones que inciden en la plataforma continental pero no pueden ser relacionados a un sistema fluvial; y Tipo 3) cañones denominados ciegos que se han desarrollado solo en el talud continental.

Según su fisiografía los cañones que están ubicados en la plataforma continental están caracterizados porque poseen una cabecera en forma circular o semicircular en forma de

anfiteatro que secciona el borde de la plataforma continental, seguido del talud continental superior el cual posee un surco profundo e incisivo en el talud con paredes con un gran relieve (barranco) hasta llegar a un valle sinuoso en forma de V y siguiendo un curso para convertirse en un relieve no tan abrupto donde el valle se vuelve más amplio, llegando a tener paredes laterales con bajo relieve en forma de U. (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Figura 8

Clasificación de los cañones submarinos

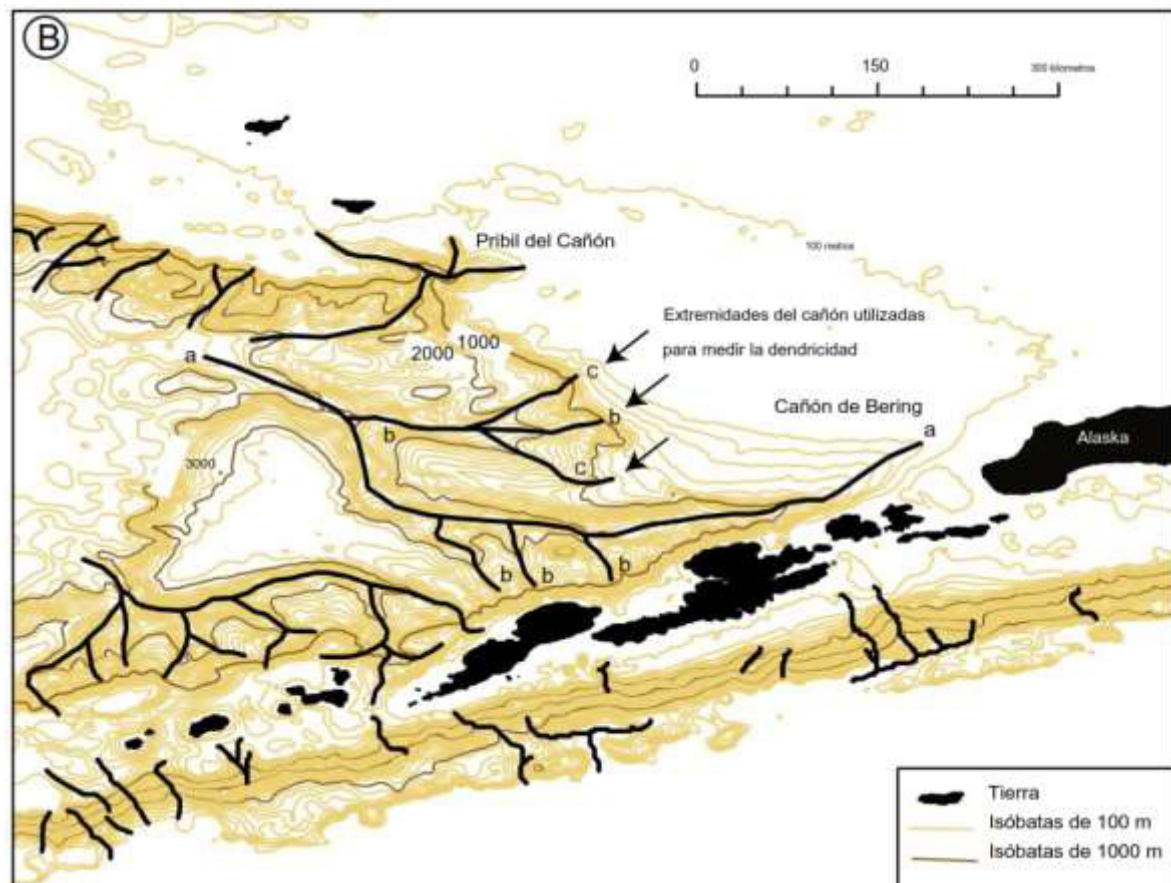


Nota. Clasificación de los cañones según Harris y Whiteway (2011), Tipo 1: inciden la plataforma y tienen conexión directa entre sistema fluvial y cabecera; Tipo 2: inciden la plataforma, pero no están vinculados a sistemas fluviales; Tipo 3: exclusivos de talud (cañones ciegos). Los cañones del tipo 1 y 2 están recorridos por flujos turbidíticos y son más activos en épocas de bajo nivel del mar. Los cañones del tipo 3 evolucionan por erosión retrogradante y pueden convertirse, en su etapa madura, en cañones del tipo 2.

2.3.2.1. Tributario de los cañones submarinos. Los cañones tributarios son ramificaciones más pequeñas que se conectan al cañón principal y, al organizarse en conjunto, conforman sistemas con una morfología dendrítica. Su identificación se realiza siguiendo los mismos parámetros establecidos para los cañones principales, diferenciándose entre sí por la extensión de cada ramal; asimismo, los tres tipos de cañones submarinos, clasificados anteriormente, incluyen al menos un cañón principal thalweg (a) con posibles cañones tributarios (b y c) tal como se muestra en la Figura 9. (Harris y Whiteway, 2011)

Figura 9

Representación del cañón submarino de Bering y sus cañones tributarios



Nota. El diagrama muestra el Cañón de Bering (Alaska), en el que se identifican el canal principal (a) y las ramas tributarias (b y c). Tomado de Harris y Whiteway (2011), adaptado de Carlson y Karl (1988).

2.3.3. Fallas

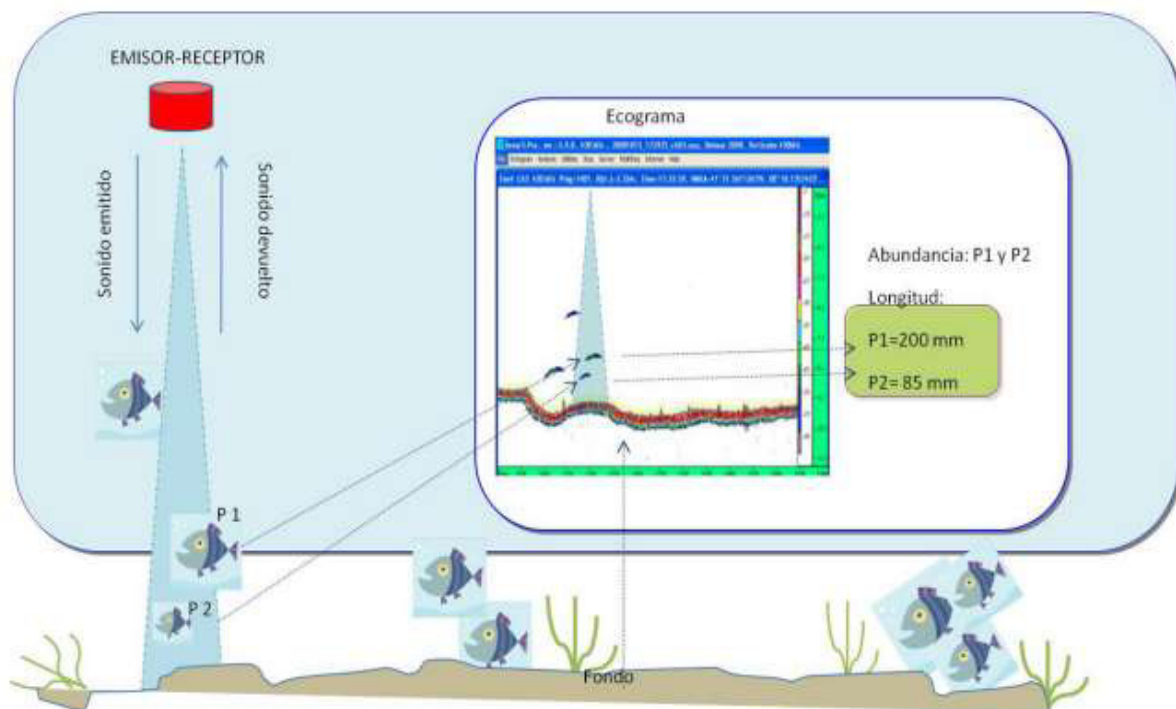
Las fallas constituyen fracturas en la corteza terrestre donde se produce un desplazamiento significativo. En ocasiones, es posible identificar fallas de menor magnitud en los taludes de carreteras, donde se observan estratos sedimentarios desplazados algunos metros, generalmente manifestándose como rupturas aisladas. En contraste, las fallas de gran envergadura, como la de San Andrés en California, presentan desplazamientos de cientos de kilómetros y están conformadas por múltiples superficies interconectadas. Estas zonas de falla pueden alcanzar varios kilómetros de ancho y, con frecuencia, se reconocen con mayor claridad mediante análisis fotográficos.

2.4. Investigación del margen continental peruano utilizando datos batimétricos y reflexión sísmica

Para Rodríguez (2015), la Hidroacústica es una disciplina que emplea el sonido y sus propiedades para investigar las características de las masas de agua. Para la generación de información, utiliza un dispositivo conocido como ecosonda, la cual desempeña la función tanto de emisor como de receptor de señales acústicas. Esta herramienta emite ondas sonoras que se propagan en el agua y chocar con diversos organismos y partículas presentes en su trayectoria (Figura 10). Cada obstáculo encontrado por estas ondas genera un eco que es detectado por el receptor. Posteriormente, mediante un programa de adquisición de datos, estos ecos son convertidos en una representación visual, conocida como ecograma, que ofrece una imagen del ecosistema subacuático.

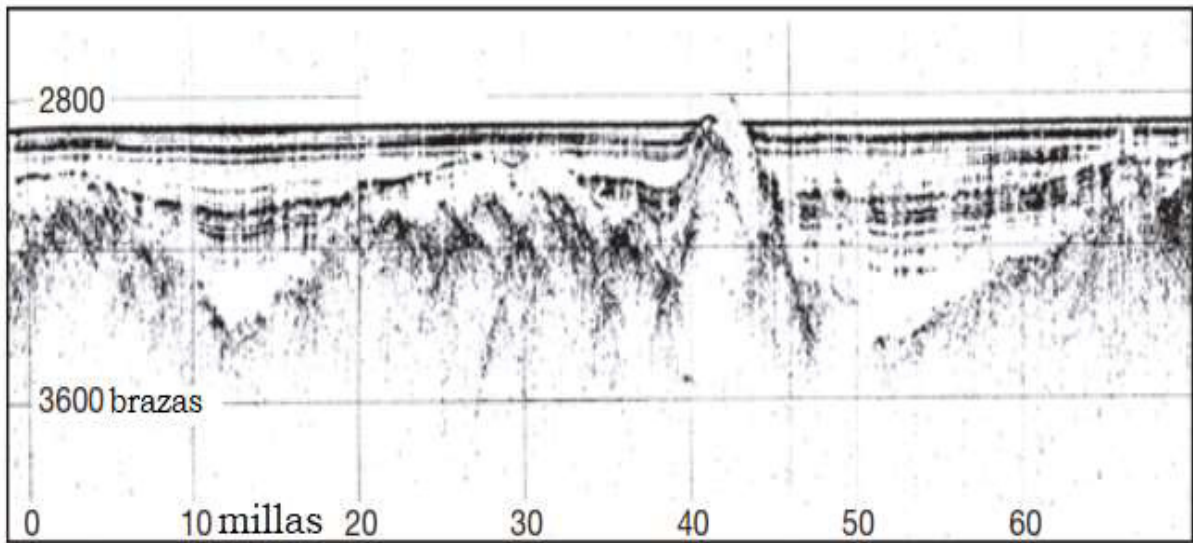
Figura 10

Representación esquemática del mecanismo aplicado en hidroacústica



Nota. Representación esquemática del mecanismo aplicado en hidroacústica: A la izquierda, en rojo, se muestra el ecosonda que emite y recibe el sonido. A la derecha, aparece un gráfico que representa el sonido recibido, este tipo de secuencia se denomina Ecograma, tomado de Rodríguez Sánchez, M. (2015).

Respecto a la reflexión sísmica, en la actualidad el estudio y observación de las estructuras rocosas que se encuentran bajo los sedimentos que cubren la mayor parte el fondo marino son de gran interés para los geólogos marinos, dicha observación se realiza mediante perfiles de reflexión sísmica, los cuales se generan a partir de sonidos de baja frecuencia a través de explosiones (cargas de profundidad) con pistolas de aire. Estas ondas sonoras penetran el fondo marino y reflejan los contactos entre las capas rocosas y la zona de fallas tal como se muestra en la figura 11. similar al sonar cuando refleja el fondo del mar.

Figura 11*Perfil de reflexión sísmica de una llanura abisal*

Nota. Porción de llanura abisal que muestra un fondo oceánico plano, corteza oceánica irregular debajo de una gruesa acumulación de sedimentos (Tarbuck y Lutgens, 2005).

2.4.1. Ecosonda Multihaz

Respecto al ecosonda multihaz, Muñoz A. et al. (1997), refiere que los ecosondas multihaz operan emitiendo múltiples haces de sonido que se dirigen hacia el fondo del mar, dichos haces al impactar con el fondo son reflejados de vuelta hacia la superficie y captados por los transductores del barco. A través de ajustes y correcciones adecuadas, se calcula la profundidad del fondo marino en el área cubierta por el recorrido del barco.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de Investigación

La investigación tiene un enfoque mixto (cualitativo y cuantitativo); asimismo, desde el componente cuantitativo, se procesaron y analizaron datos batimétricos multihaz con el fin de obtener mediciones precisas de superficie, profundidad y pendiente de las geoformas submarinas.

Desde el componente cualitativo, se interpretaron los resultados en función de criterios geomorfológicos y se clasificaron cañones y montes submarinos de acuerdo con su origen, desarrollo y características morfológicas.

El diseño es descriptivo y exploratorio, ya que se centra en la caracterización de geoformas sin manipulación de variables, y corresponde a un estudio no experimental y transversal, puesto que se analizaron datos recolectados en un único momento (Hernández-Sampieri et al., 2014).

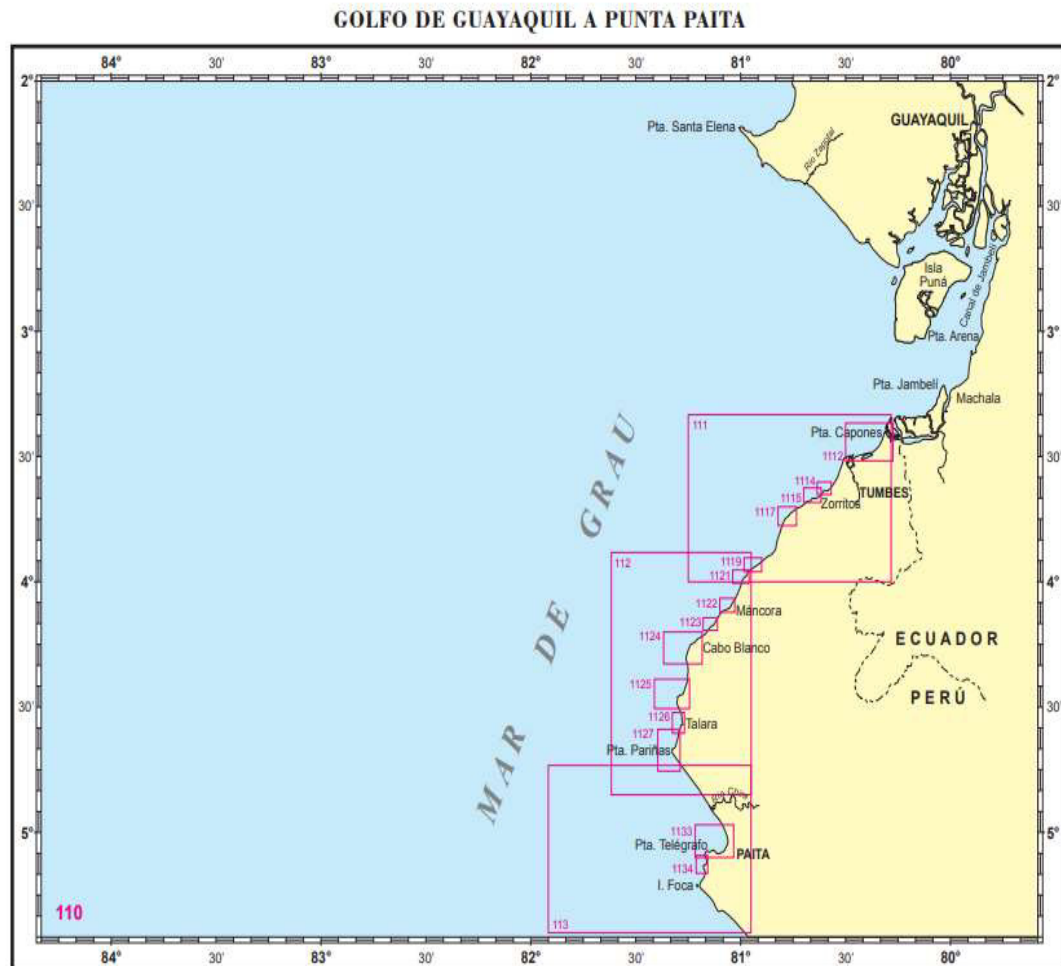
3.2. Ámbito temporal y espacial

La presente tesis ha tomado como referencia la Carta Náutica Recalada N° 112, el cual fue producto de la expedición científica INGEMAR I a bordo del B.A.P. ZIMIC, realizado en los meses de mayo y junio de 2016, tomando muestras de sedimentos y recolectando datos hidroacústicos con el ecosonda multihaz EM302, cuyos datos han sido utilizados para el desarrollo de la presente tesis.

Dicha Carta Náutica Recalada N° 112 está ubicada en el departamento de Piura, entre Punta Sal ($80^{\circ}57'W$, $03^{\circ}53'S$) y Punta Pariñas ($81^{\circ}37'W$, $04^{\circ}51'S$) abarcando un área de 4,800 Km^2 y una profundidad de columna de agua entre 50 m a 3,300 m aproximadamente y una escala de 1:100,000. (Figura12)

Figura 12

Delimitación del área de estudio de la carta náutica DHN N°112



3.3. Variables

3.3.1. Independiente

Según el autor la variable independiente se considera como el causante del problema.

X = Rasgos geomorfológicos submarinos

3.3.2. Dependiente

Según el autor la variable dependiente se considera como el resultado que ocasionará o el efecto que produce dicho problema.

Y= Caracterización de los rasgos

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

Rasgos morfológicos del margen continental peruano

3.4.2. Muestra

Cañones y montes submarinos ubicados dentro del área estudiada entre Punta Sal y Punta Pariñas

3.5. Instrumentos

- Datos hidroacústicos en formato WCD con un tamaño de archivo de 120 gigabytes (GB) y datos y Datos hidroacústicos en formato ALL con un tamaño de archivo de 500 gigabytes (GB), los cuales fueron colectados por un ecosonda multihaz Kongsberg EM302 con una frecuencia de 30 kHz y extraídos en el crucero INGEMAR I, expedición a cargo del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMET) en cooperación con la Dirección de Hidrografía y navegación de la Marina de Guerra del Perú).

- Qgis Buenos Aires

- R-proyect

- Microsoft Excel

3.6. Procedimientos

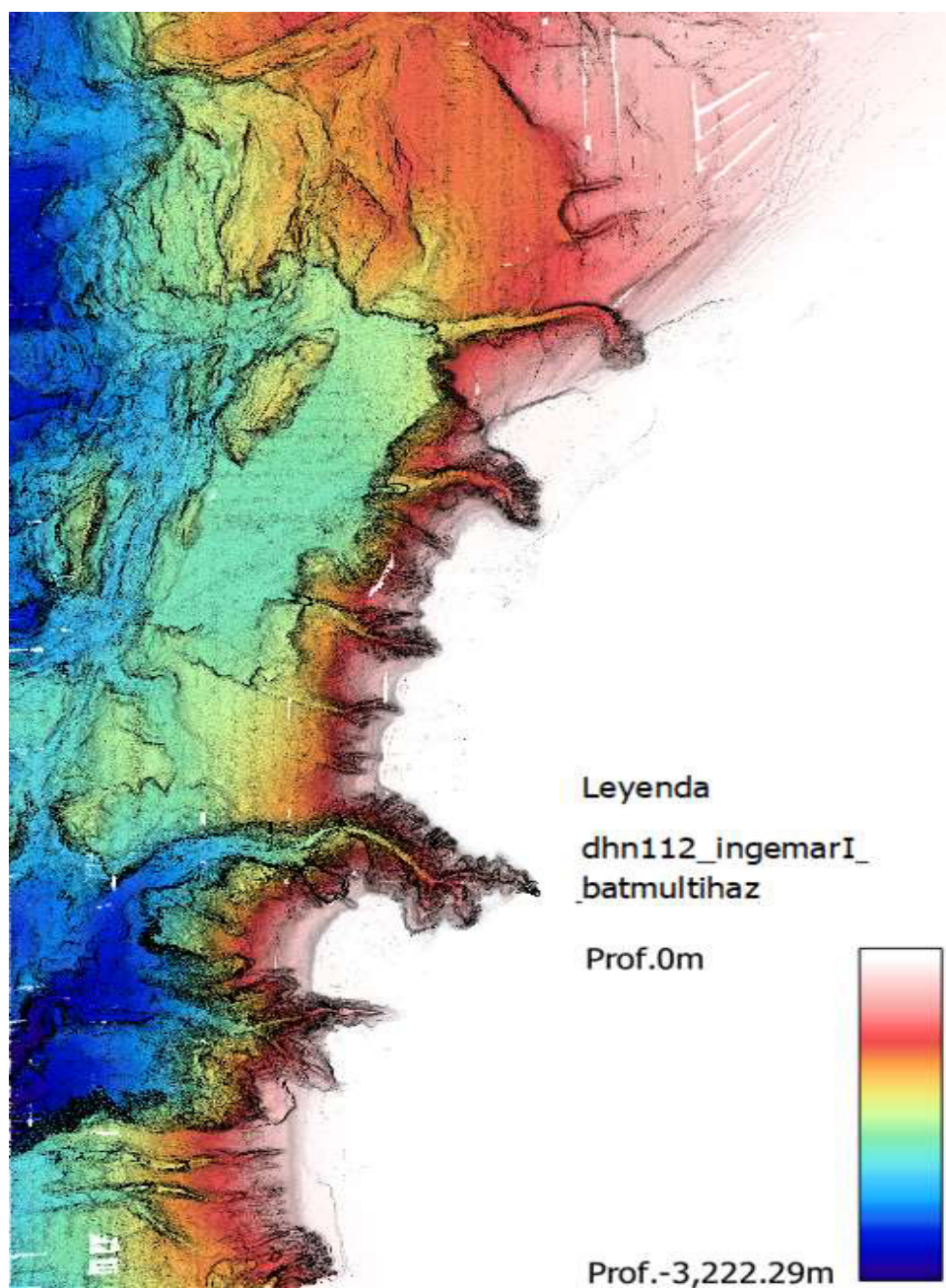
3.6.1. Procesamiento de los datos

Mediante el ecosonda Kongsberg EM302 con tecnología multihaz de alta resolución y dentro del marco del crucero geocientífico INGEMAR I, se realizó un levantamiento de información a lo largo del área de estudiada comprendida desde la plataforma y abarcando el talud continental frente al departamento de Tumbes y Piura, entre Punta Sal ($80^{\circ}57'W$, $03^{\circ}53'S$) y Punta Pariñas ($81^{\circ}37'W$, $04^{\circ}51'S$) respectivamente. Estos datos nos permitirán poder ver fondo marino en 3D, la textura del fondo marino, entre otras características propias de dicha área de estudio.

3.6.1.1. Procesamiento de la batimetría. Utilizando los datos recolectados en formato ALL para determinar la morfología del área de estudio definida por la distancia entre la zona superficial del mar y el fondo marino tal como se muestra en la Figura 13.

Figura 13

Grilla batimétrica



Nota. Para realizar el procesamiento de la batimetría, se ha utilizado una grilla batimétrica que atiene a una gama de colores que van desde los 0 m.b.n.m. hasta los 3,222.29 m.b.n.m.

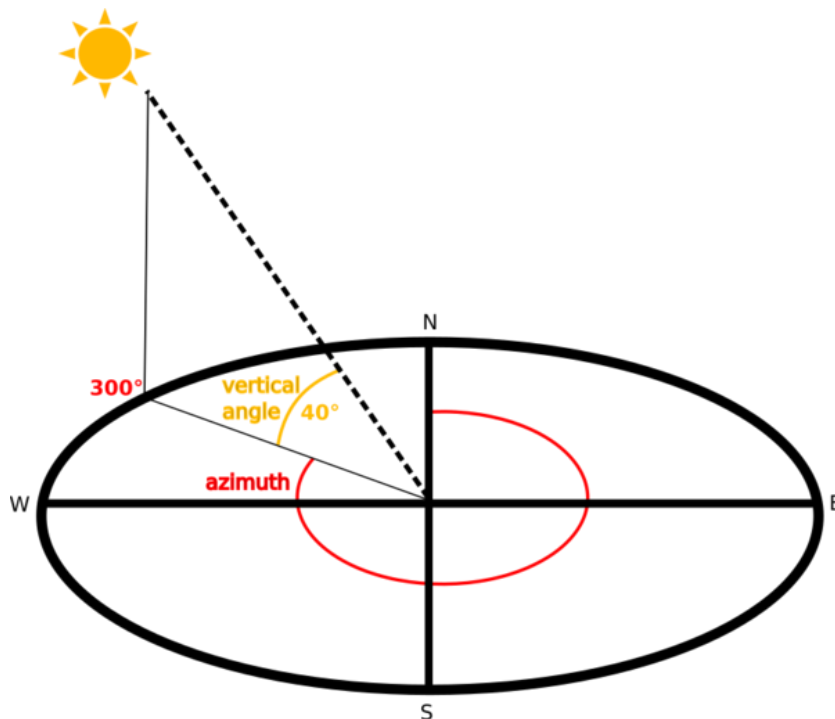
3.6.1.2. Generación de mapa Hillshade (mapa de sombras). Sutton et al. (2022)

explican que, mediante la utilización de un ángulo vertical y un ángulo azimuth, es posible simular la posición del sol para generar sombras que reflejen una imagen en tres dimensiones, tal como se muestra en la Figura 14. Asimismo, refieren que este modelo de mapa digital, derivado del Modelo Digital de Elevación (DEM), permite observar el relieve y la elevación del terreno a través del sombreado de pendientes (véase Figura 15), lo que facilita la transformación de rasgos lineales en formas de relieve.

En cuanto a la importancia de utilizar este tipo de mapa, se centra en la posibilidad de diferenciar los rasgos morfológicos de la zona de estudio, con el fin de localizarlos y describirlos con gran precisión mediante el apoyo de otras herramientas.

Figura 14

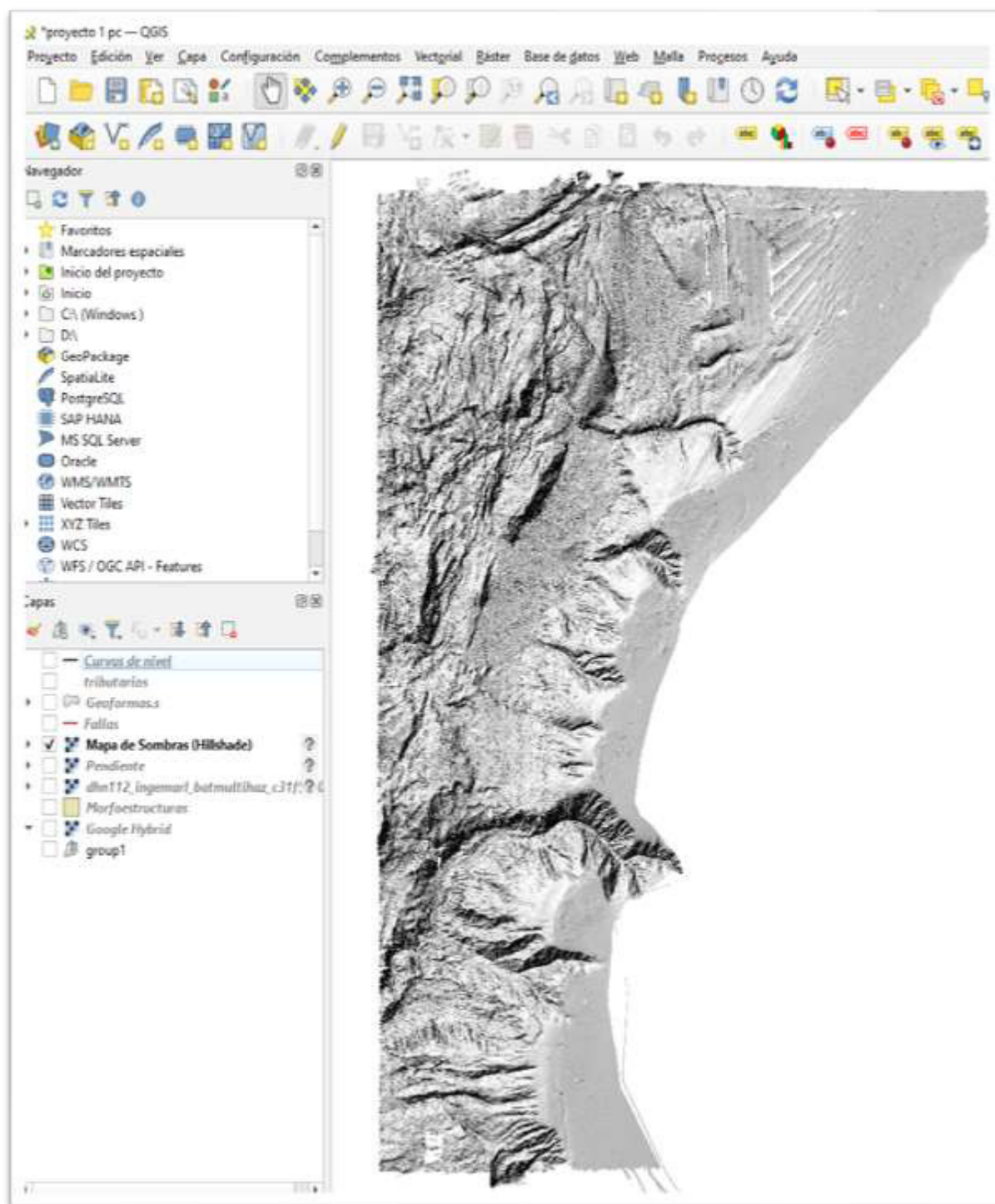
Generación de una sombra Hillshade



Nota. El sombreado de la capa se calcula con respecto a la posición del sol, teniendo como variables el ángulo horizontal (azimuth) y el ángulo vertical referente a la elevación del sol. (Sutton et al., 2022)

Figura 15

Mapa de sombras Hillshade derivado del Modelo Digital de Elevación (DEM)

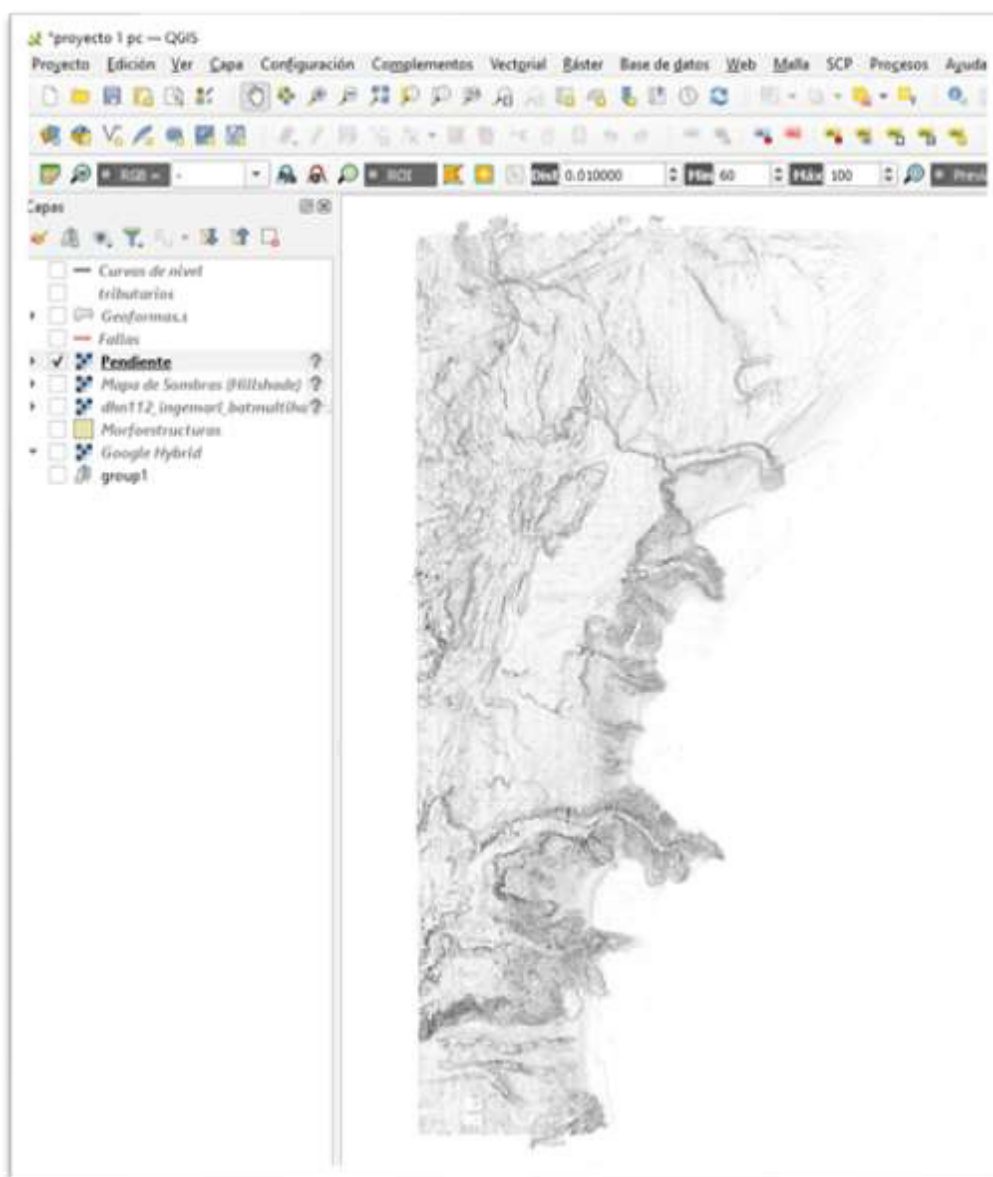


Nota. Se presenta el mapa de sombras de la zona de estudio, derivado del Modelo Digital de Elevación (DEM). Este permite diferenciar los distintos relieves y la elevación que cada rasgo ocupa dentro de la Carta Náutica Recalada N° 112.

3.6.1.3. Generación del mapa de pendientes. Utilizando este modelo de mapa digital se identifica la diferencia de pendientes entre dos formas de relieve. Es decir, es una relación entre la distancia horizontal y la altitud entre dos puntos, cada píxel tiene el valor de pendiente correspondiente. Dependiendo de la escala de grises los colores que estén cercanos al blanco tendrán menor pendiente por ende el relieve será más plano y respecto mientras que los colores se aproximen al color negro la pendiente del relieve aumentará, llegando a ser cada vez más empinado (véase Figura 16).

Figura 16

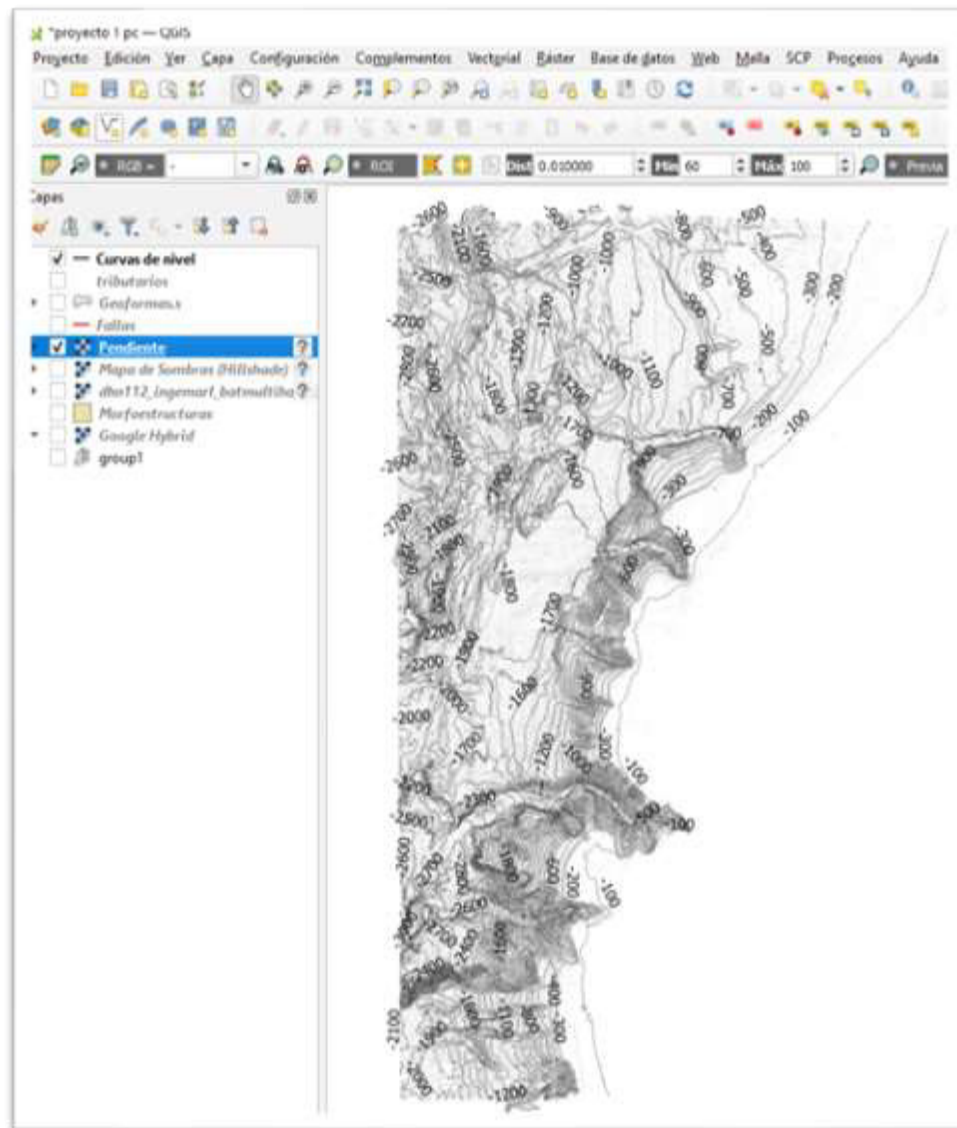
Generación del mapa de pendientes derivado del Modelo Digital de Elevación (DEM)



3.6.1.4. Generación de curvas de nivel. Las curvas de nivel son líneas que conectan ubicaciones de igual valor en un data set de ráster que representa fenómenos continuos como: elevación, temperatura, precipitación, contaminación o presión atmosférica. Las entidades de línea conectan celdas de valor constante en la entrada, en esta tesis se han utilizado para poder diferenciar con mayor exactitud las elevaciones y depresiones del mapa batimétrico, teniendo una mejor precesión a la hora de realizar la caracterización morfológica (véase Figura 17).

Figura 17

Generación de curvas de nivel

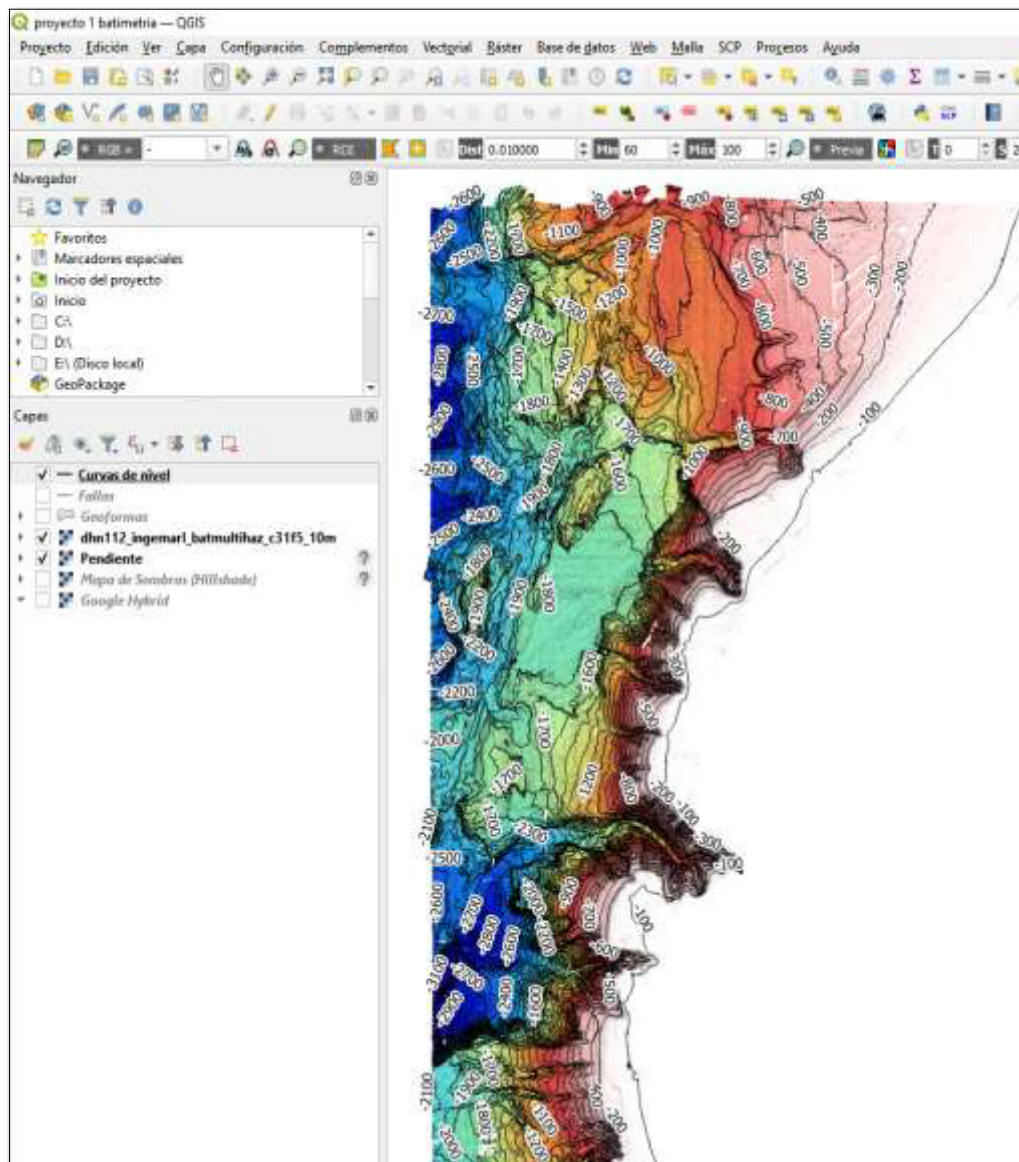


3.6.1.5. Segregación de los rasgos morfológicos con respecto al relieve marino.

Para la segregación de las formas y obtención de los rasgos morfológicos predominantes se procedió con la superposición de las capas (véase Figura 18), estas capas están conformadas por el mapa de sombras (Hillshade) y el mapa de pendiente, lo cuales nos dieron a conocer la forma del relieve submarino, el mapa batimétrico el cual nos indicó por medio de colores la profundidad de cada área y por último las curvas de nivel, el cual nos indicó la profundidad en valor numérico.

Figura 18

Obtención de los rasgos morfológicos



3.7. Análisis de datos

Para el análisis de datos de la distribución de los rasgos morfológicos para la Carta Náutica de recalada N° 112, comprendida entre Punta Sal y Punta Pariñas, se representaron en gráficos las tablas de datos de los resultados obtenidos, utilizando el programa Microsoft Excel de Windows 10.

IV. RESULTADOS

4.1. Morfología del Margen continental peruano

Para el estudio de la morfología del margen continental peruano comprendido dentro de la carta náutica de recalada N° 112, el crucero INGEMAR I realizó un levantamiento batimétrico que abarcó un área total de 4,800 Km², desde Punta Sal hasta Punta Pariñas, incluyendo las principales morfoestructuras: la plataforma continental, el talud superior y el talud medio. Dicho crucero de investigación tuvo una duración de 32 días efectivos de trabajo, desarrollando en promedio 150 Km² de batimetría multihaz de alta resolución por día, desde los 50 m hasta los 3,000 m de profundidad de columna de agua. A partir de este levantamiento se obtuvieron más de 6'000,000 de datos batimétricos, lo que permitió visualizar el relieve del fondo marino con una resolución de hasta 10 m (escala 1:100,000).

Asimismo, durante el procesamiento se elaboró un mapa de perfiles del área de estudio (véase Figura 21) a partir del Modelo de Elevación Digital (DEM). En este se presentan cuatro muestras representadas gráficamente: el perfil AA' (véase Figura 22), localizado a la altura de Punta Sal y orientado de este a oeste; el perfil DD', localizado a la altura de Punta Pariñas, también orientado de este a oeste (véase Figura 23); el perfil BB', correspondiente al Monte Submarino "C", ubicado en el talud superior (véase Figura 26) y el perfil CC', perteneciente al Cañón Submarino de Talara (véase Figura 27). Finalmente, se obtuvo el mapa geomorfológico correspondiente a la carta náutica de recalada N° 112 (véase Figura 39), resultado de la caracterización de los cañones y montes submarinos, así como de otros rasgos morfológicos, entre ellos las fallas geológicas y su incidencia en este tipo de márgenes continentales.

4.1.1. Principales morfoestructuras del margen continental peruano

Respecto a la caracterización de las principales morfoestructuras del margen continental peruano, correspondientes a la carta náutica de recalada N° 112, se realizó una caracterización independiente de cada unidad geológica. De este modo, se obtuvieron medidas

de superficie, tales como área y perímetro; el rango de profundidades en el cual se extiende cada morfoestructura, expresado en metros bajo el nivel del mar (m.b.n.m.), así como la relación entre dichas medidas de superficie y dicho rango de profundidades (véanse Figura 19 y 20).

4.1.1.1. Plataforma Continental. De la caracterización de la plataforma continental se evidencia que esta posee un área total de 1,503 kilómetros cuadrados (Km^2), un perímetro de 385 kilómetros (Km) y se extiende desde los 0 metros (línea costera) hasta los 200 metros de profundidad (véase Tabla 1). Asimismo, se observó que en dicha morfoestructura se encuentran las cabeceras de los cañones submarinos de tipo 1 y 2.

4.1.1.2. Talud Superior. De la caracterización del talud superior se evidencia que este posee un área total de 2,852 kilómetros cuadrados (Km^2), un perímetro de 471 kilómetros (Km) y se ubica de manera contigua a la plataforma continental, desde los 200 hasta los 2,000 metros de profundidad (véase Tabla 1). Asimismo, se observó que en dicha morfoestructura se localizan la mayoría de los montes y cañones submarinos de tipo 2 y 3.

4.1.1.3. El Talud medio. De la caracterización al talud medio, se evidencia que, posee un área total de 2,852 kilómetros cuadrados (Km^2), un perímetro de 471 kilómetros (Km) y se ubica contiguo al talud superior abarcando desde los 2,000 metros a los 3,200 metros de profundidad siendo dicha profundidad el límite para la carta náutica de recalada N° 112 (véase Tabla 1). Asimismo, se ha evidenciado que en dicha morfoestructuras se albergan algunos montes submarinos.

Tabla 1

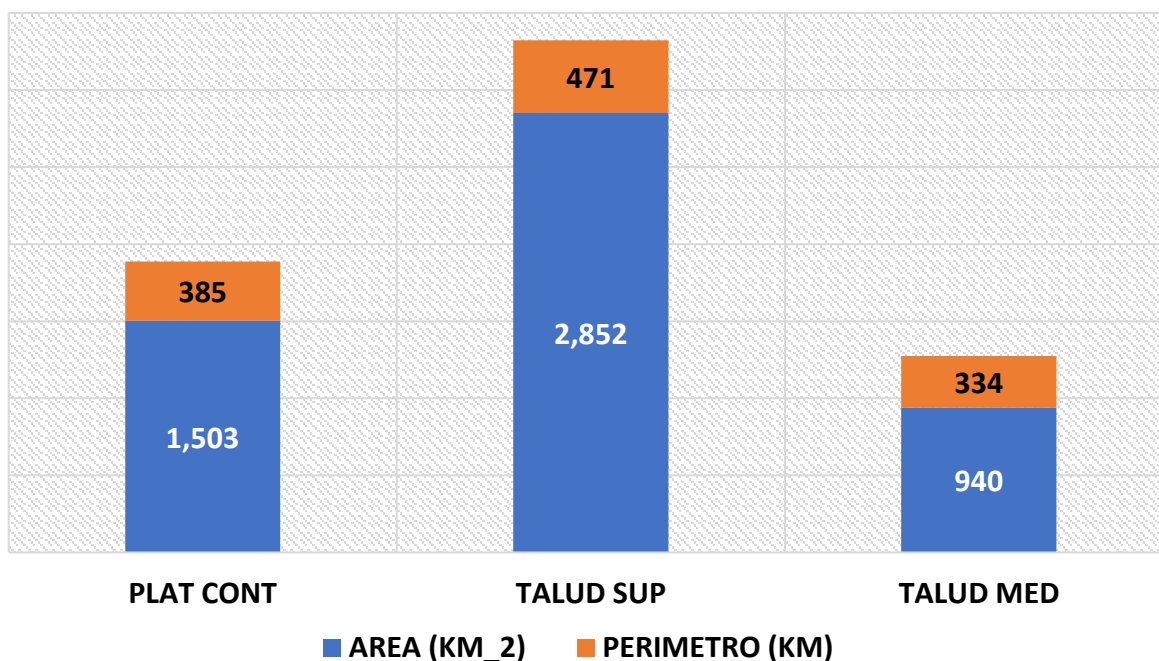
Medidas de superficie de las principales Morfoestructuras

Morfoestructuras	Área (Km²)	Perímetro (Km)	Profundidad mínima (m)	Profundidad máxima (m)
Plataforma Continental	1,503	385	0	-200
Talud Superior	2,852	471	-200	-2,000
Talud Medio	940	334	-2,000	-3,200

Nota. Los valores de superficie se han obtenido de la caracterización de las principales morfoestructuras del margen peruano comprendidos dentro de la Carta Náutica de recalada N° 112.

Figura 19

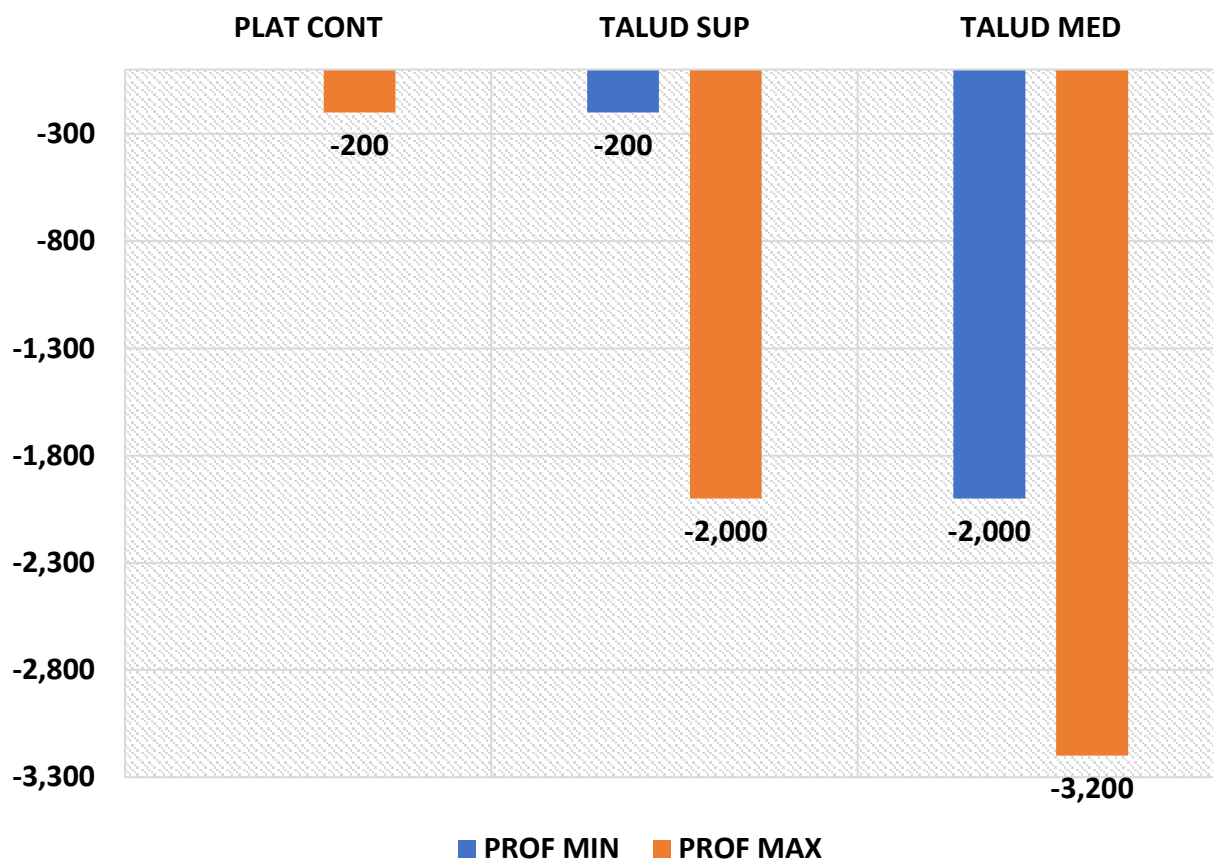
Relación entre el área y perímetro de las principales Morfoestructuras



Nota. De la caracterización de las morfoestructuras se ha realizado una comparación entre las magnitudes de área y perímetro, a efectos de visualizar la relación que existe entre dichas las medidas de superficie para cada una de estas morfoestructuras.

Figura 20

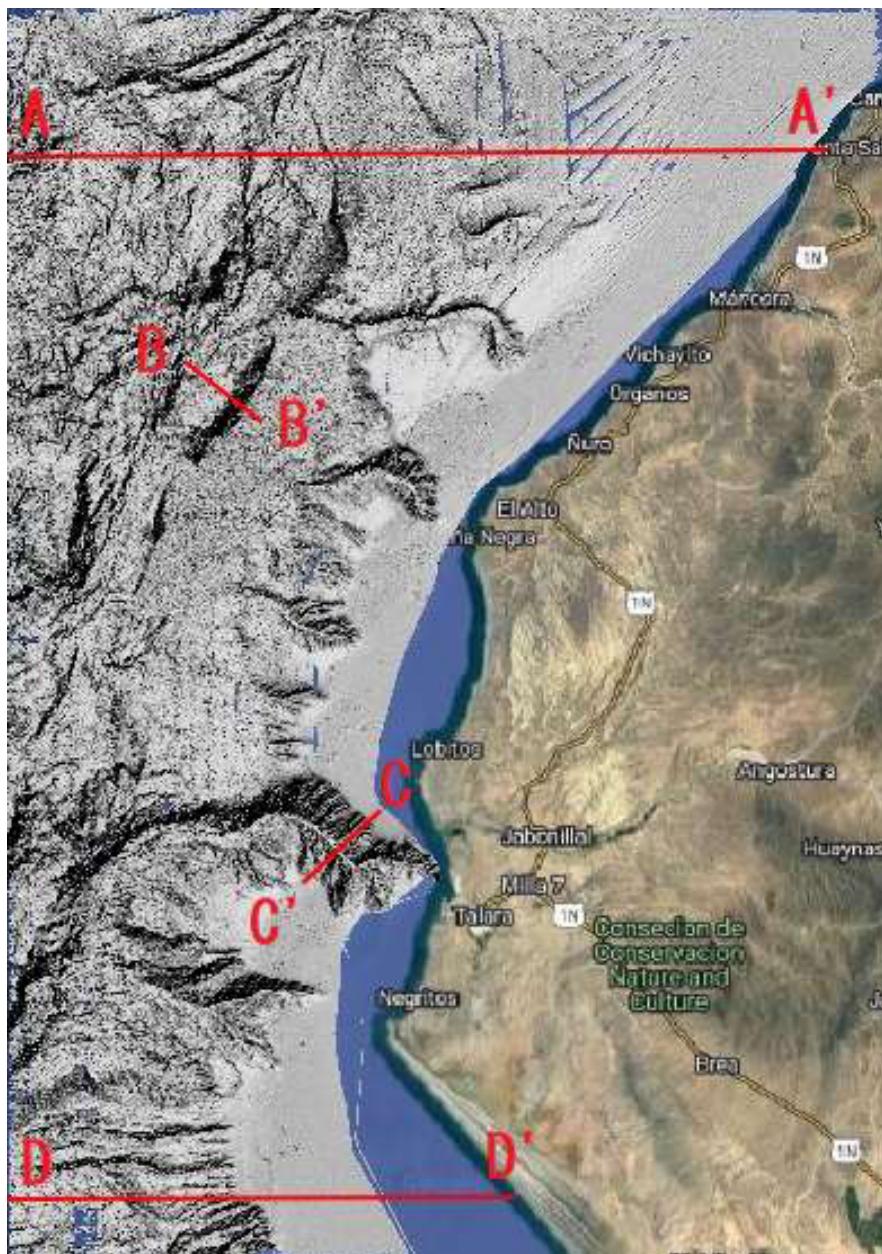
Relación entre la profundidad máxima y mínima de las principales Morfoestructuras



Nota. De la batimetría de la carta náutica de recalada N° 112 se ha realizado una comparación entre la profundidad máxima y mínima para cada morfoestructura, a efectos de visualizar la distribución de cada unidad geológica y su relación con la profundidad.

Figura 21

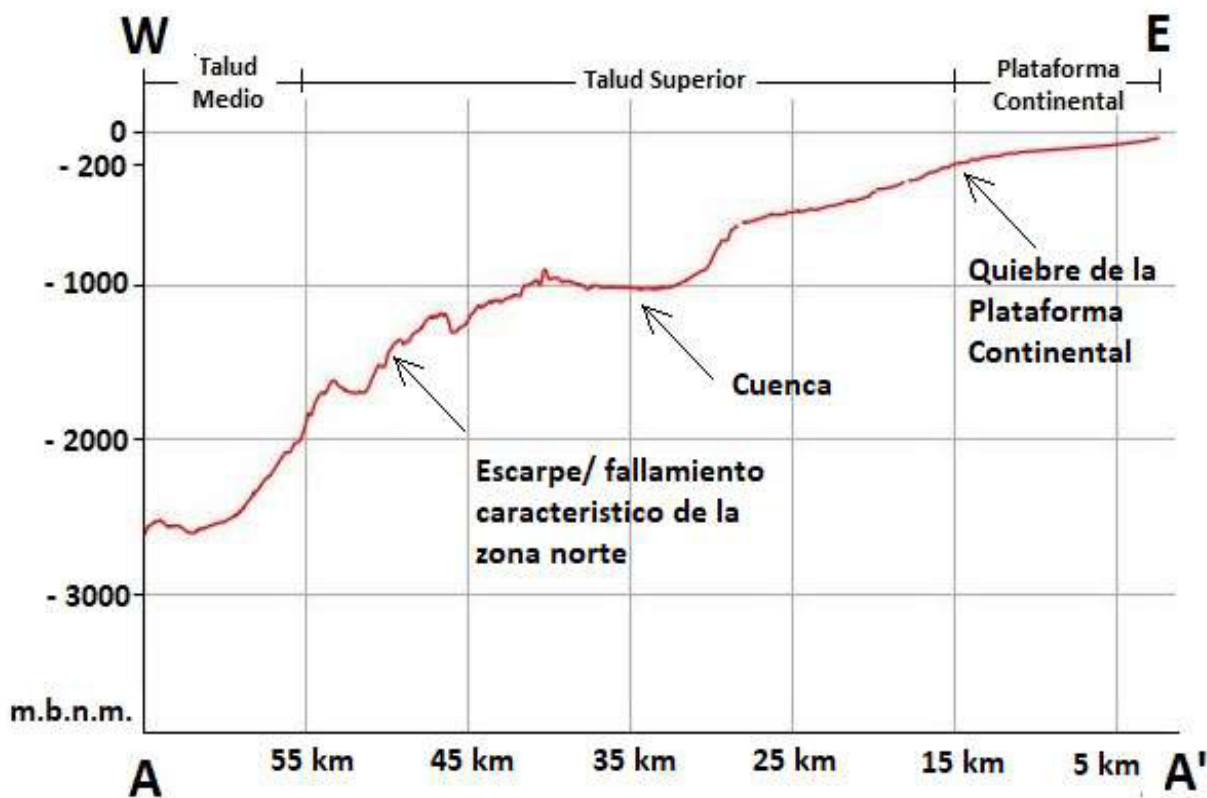
Mapa de Perfiles batimétricos pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112 a partir del Modelo de Elevación Digital (DEM)



Nota. En la figura se muestran los perfiles batimétricos extraídos de sectores seleccionados dentro de la Carta Náutica de Recalada N.º 112, elaborados a partir de datos del Modelo Digital de Elevación (DEM). Estos perfiles permiten observar las variaciones del relieve submarino y la distribución de profundidades en el área de estudio.

Figura 22

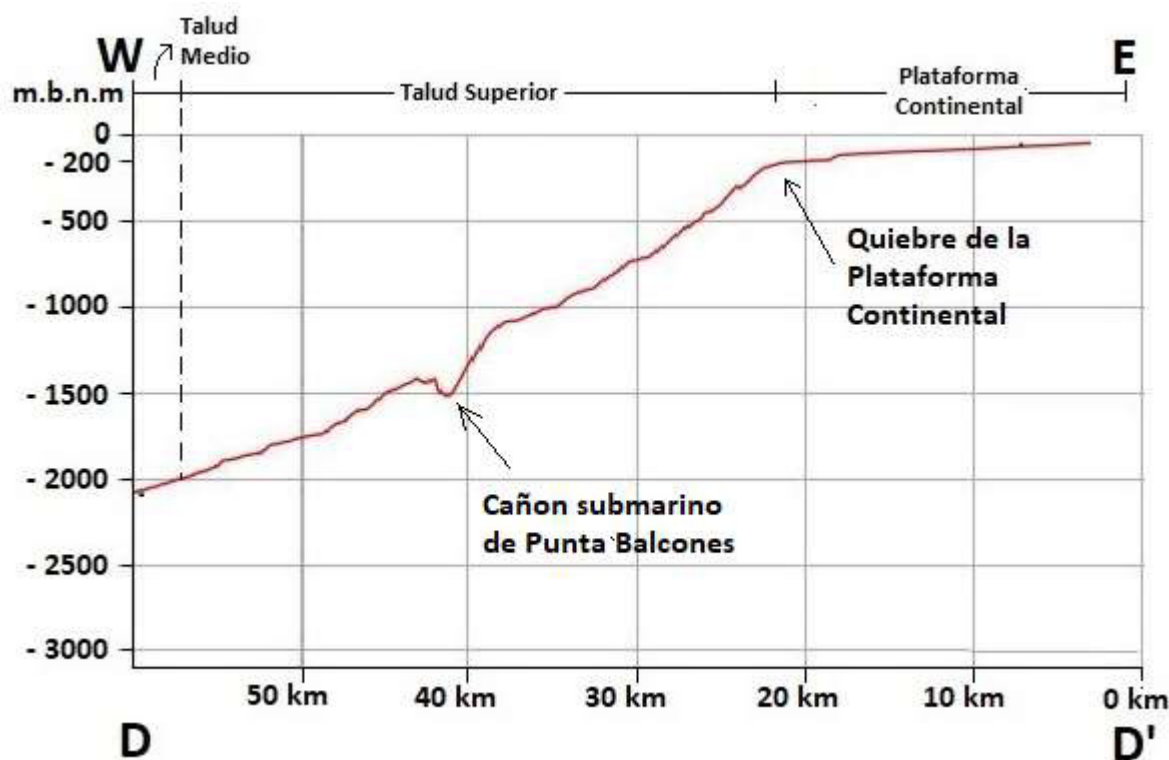
Perfil AA' Este – Oeste (sector norte) trazado a la altura de Punta Sal y perteneciente a la carta náutica de recalada N° 112 a partir del modelo de elevación digital (DEM)



Nota. Respecto a la carta náutica de recalada N° 112, se ha realizado un corte transversal en sentido de Este a Oeste, teniendo como punto inicial las coordenadas 3°58' S y 80°58' O pertenecientes a Punta Sal, en el cual se visualiza las principales morfoestructuras y como están distribuidas a lo largo de dicho perfil; asimismo, se ha señalado zonas importantes como, el punto de quiebre de la plataforma continental que muestra una pendiente suave, en el talud superior se señala una cuenca sedimentaria ubicado aproximadamente a los -1,000 m.b.n.m. y por último se muestra la zona escarpadas y/o de fallamiento característico de la zona norte propio de un margen convergente erosivo.

Figura 23

Perfil DD' Este – Oeste (sector sur) trazado a la altura de Punta Pariñas y perteneciente a la carta náutica de recalada N° 112 a partir del modelo de elevación digital (DEM)



Nota. Respecto a la carta náutica de recalada N° 112, se ha realizado un corte transversal en sentido de Este a Oeste, teniendo como punto inicial las coordenadas 4°40' S y 81°19' O pertenecientes a Punta Pariñas o Punta Balcones, en el cual se visualiza las principales morfoestructuras y como están distribuidas a lo largo de dicho perfil; asimismo, se ha señalado zonas importantes como, el punto de quiebre de la plataforma continental que muestra una pendiente abrupta, en el talud superior se señala el cañón submarino de Punta Balcones ubicado aproximadamente a los -1,500 m.b.n.m., siendo dicho cañón de tipo 3 ya que se origina en el talud superior.

4.1.2. Principales rasgos morfológicos del margen continental peruano

Respecto a los principales rasgos morfológicos se ha destacado los montes y los cañones submarinos, cuya presencia se ubica a lo largo del margen continental peruano

perteneciente a la carta náutica de recalada N° 112; asimismo, se ha realizado la caracterización de dichas unidades morfológicas, a efectos de obtener unidades de medida para su cualificación y cuantificación.

4.1.2.1. Montes submarinos. Respecto a montes submarinos, se identificaron 6 montes submarinos perteneciente a la carta náutica de recalada N° 112 (véase Tabla 2), de los cuales 6 montes submarinos se ubican en el talud superior y 1 monte submarino se encuentra en el talud medio; asimismo, se obtuvieron medidas de superficie, tales como área y perímetro; el rango de profundidades en el cual se extiende cada monte submarino expresado en metros bajo el nivel del mar (m.b.n.m.), así como la relación entre dichas medidas de superficie y dicho rango de profundidades (véanse Figura 24 y 25).

Tabla 2

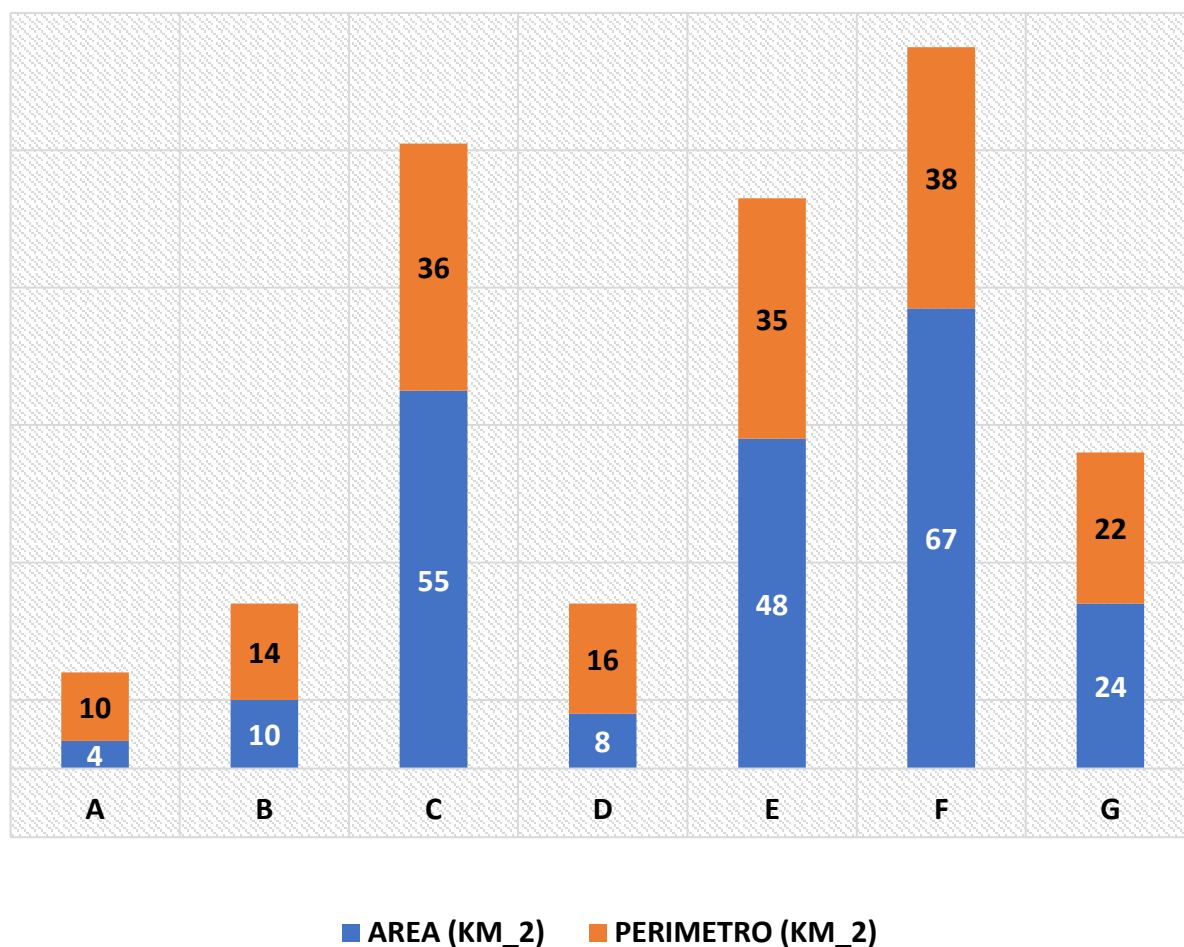
Principales medidas de superficie de los montes submarinos pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.

Nombre	Ubicación	Área (Km²)	Perímetro (Km)	Profundidad Mínima	Profundidad Máxima
A	Talud Superior	4	10	-300	-1,000
B	Talud Superior	10	14	-1,600	-1,800
C	Talud Superior	55	36	-1,500	-1,900
D	Talud Superior	8	16	-1,700	-1,900
E	Talud Superior	48	35	-1,600	-2,200
F	Talud Superior	67	38	-1,700	-2,200

Nota. Los valores de superficie se han obtenido de la caracterización de los principales rasgos morfológicos comprendidos dentro de la Carta Náutica de recalada N° 112.

Figura 24

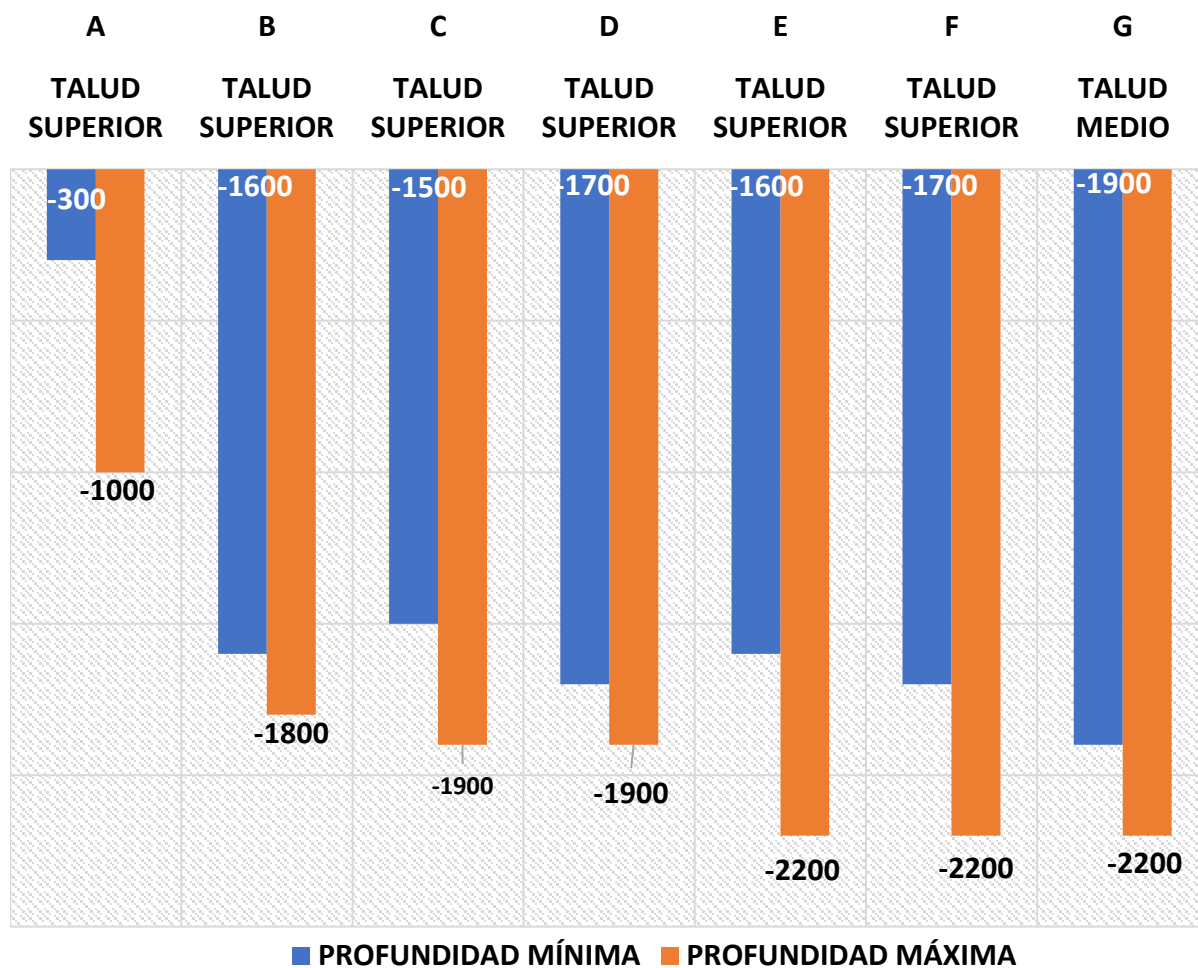
Relación de área vs perímetro de los montes submarinos



Nota. De la caracterización de los montes submarinos, se ha realizado una comparación de magnitudes (área y perímetro), a efectos de visualizar la relación que existe entre dichas medidas de superficie.

Figura 25

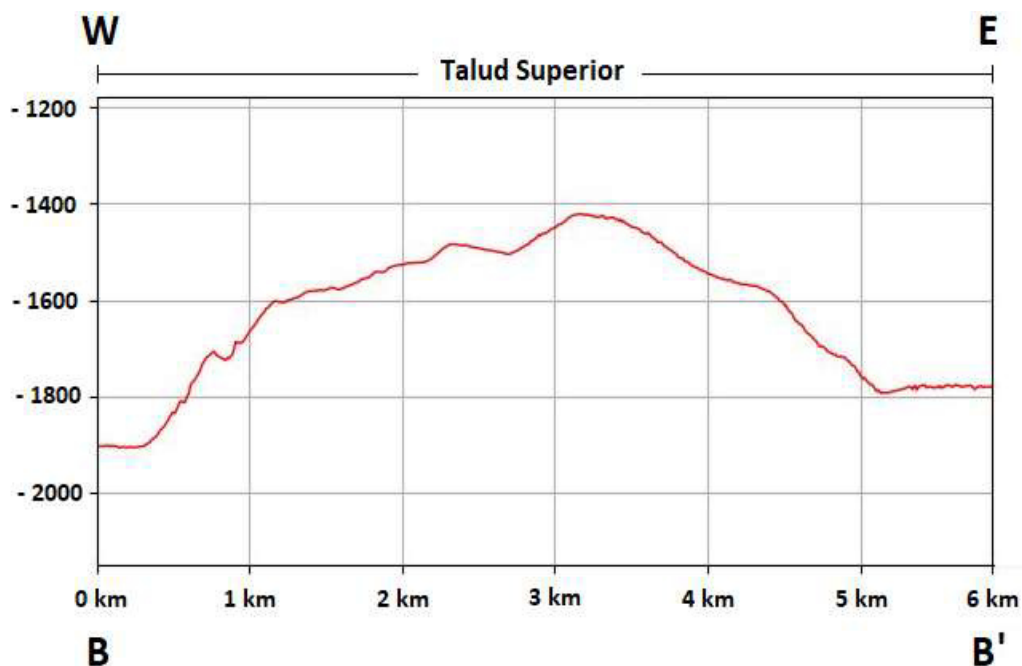
Profundidad máxima y mínima en la columna de agua respecto a los montes submarinos ubicados en el Margen Continental Peruano y enmarcados en la carta náutica de recalada N° 112.



Nota. De la caracterización de los montes submarinos, se ha realizado una comparación entre la profundidad máxima y mínima para cada monte submarino, a efectos de visualizar la altitud que tiene cada uno de estos rasgos y su relación con la profundidad en cada morfoestructura.

Figura 26

Perfil BB' de Monte Submarino "C" trazado de Este – Oeste (Talud Superior)



Nota. Se ha realizado un corte transversal en sentido de Este a Oeste, al Monte Submarino "C" teniendo como punto central aproximado las coordenadas $4^{\circ}10' S$ y $81^{\circ}26' W$, el cual abarca en la columna de agua desde los -1500 m.b.n.m. hasta los -1900 m.b.n.m., teniendo una elevación de 400 m.

4.1.2.2. Cañones submarinos. Respecto a dicho rasgo morfológico, se ha evidenciado que, el área del margen continental peruano perteneciente a la carta náutica de recalada N° 112, posee 30 cañones submarinos de tipo 1, 2 y 3; asimismo, se obtuvieron medidas de superficie, tales como área y perímetro; el rango de profundidades en el cual se extiende cada monte submarino expresado en metros bajo el nivel del mar (m.b.n.m.), así como la relación entre dichas medidas de superficie y dicho rango de profundidades (véanse Figura 24 y 25).

A. Cañones Tipo 1 y 2. Respecto a los cañones submarinos de tipo 1 y 2, se ha evidenciado que estos se originan en la plataforma continental, entre los -100 y -200 metros, y se extienden hasta el talud continental, alcanzando profundidades de hasta -3,000 metros. En la zona de estudio se han identificado un total de 12 cañones (véase Tabla 3). Asimismo, se

obtuvieron medidas de superficie, tales como el área y el perímetro, así como el rango de profundidades en el que se extiende cada cañón submarino de tipo 1 y 2 (expresadas en metros bajo el nivel del mar, m.b.n.m.), y la relación entre dichas medidas y el rango batimétrico correspondiente (véanse Figuras 32 y 33). Asimismo, hay que señalar que en la Tabla 3 se presenta, a modo de ejemplo, el cañón de Talara 1, el cual se extiende desde la plataforma continental hasta el talud medio, con un área aproximada de 228 Km² y un rango batimétrico comprendido entre -100 y -3,000 m.b.n.m. Este cañón se representa en la Figura 28, elaborada a partir del Modelo Digital de Elevación (DEM), y sus perfiles morfológicos se muestran en el Perfil 1A (Figura 30), Perfil 2A (Figura 31) y Perfil 3A (Figura 32).

Tabla 3

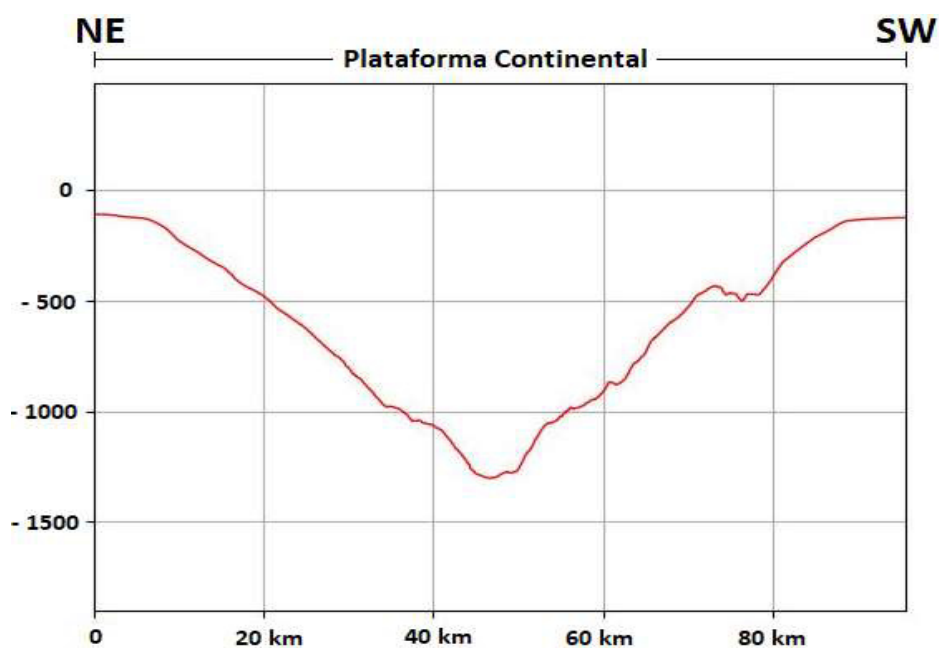
Principales medidas de superficie de los cañones submarinos Tipo 1 y 2 pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.

Nombre	Área (Km²)	Perímetro (Km)	Prof. Mínima	Prof. Máxima
Talara 1	228	120	-100	-3,000
Negritos 2	102	59	-100	-2,700
Alto 1	34	36	-100	-1,800
Alto 8	30	25	-100	-1,500
Vichayito	28	42	-200	-1,500
Balcones 5	22	25	-200	-1,400
Lobitos 1	12	26	-200	-1,500
Balcones 6	10	18	-200	-1,200
Alto 6	9	18	-200	-1,700
Balcones 7	4	9	-200	-1,000
Alto 5	3	12	-200	-1,500
Talara 3	1	4	-200	-400

Nota. Los valores de superficie se han obtenido de la caracterización de los principales rasgos.

Figura 27

Perfil CC' de Cañón Submarino "Talara I" trazado de Noreste – Suroeste

**Figura 28**

Representación del Cañón submarino de Talara a partir del modelo de elevación digital (DEM) de la carta náutica de recalada N° 112

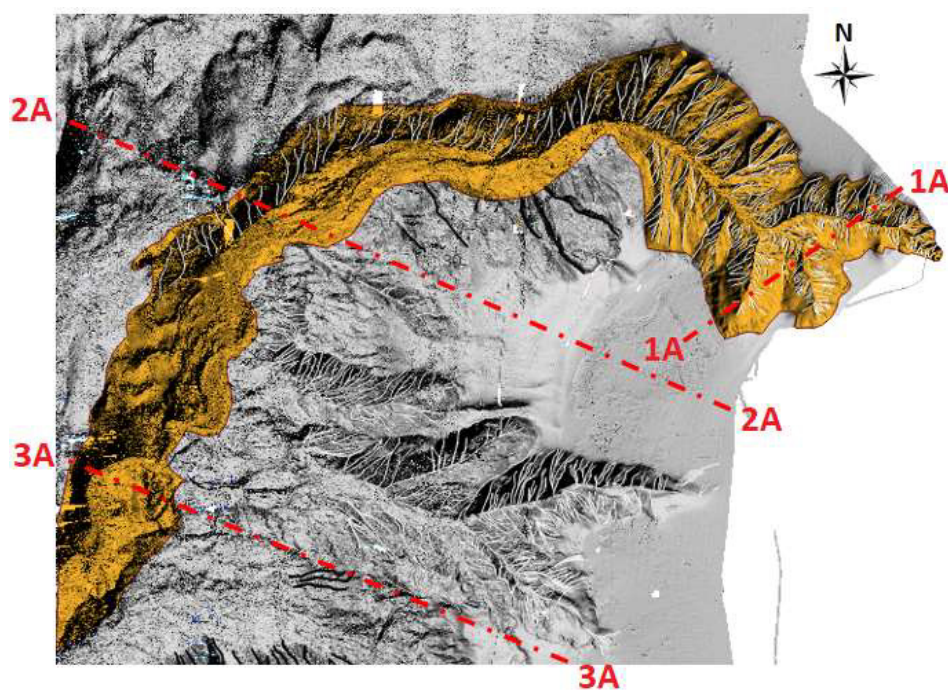
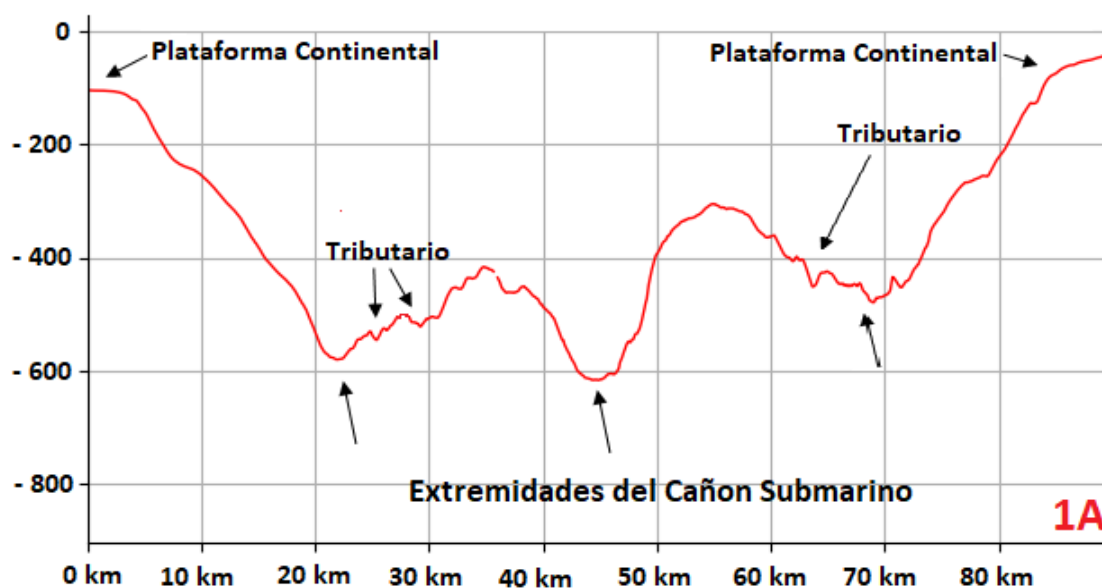


Figura 29

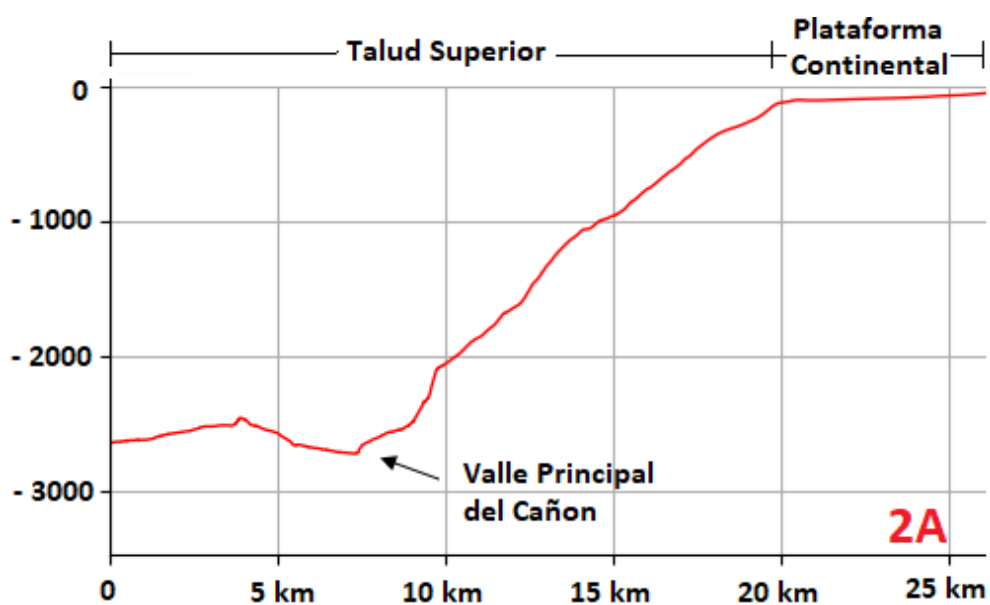
Corte Noreste – Suroeste 1A del Cañón submarino de Talara



Nota. Se visualiza la cabecera del Cañón de Talara que incide en la Plataforma Continental.

Figura 30

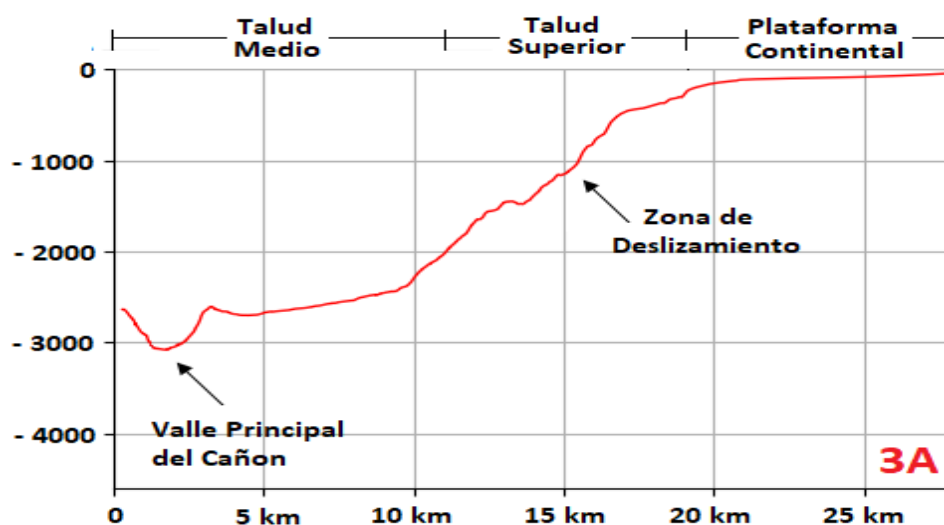
Corte Noreste – Suroeste 2A del Cañón submarino de Talara



Nota. El perfil muestra la zona media del Cañón de Talara que pasa por el Talud Superior

Figura 31

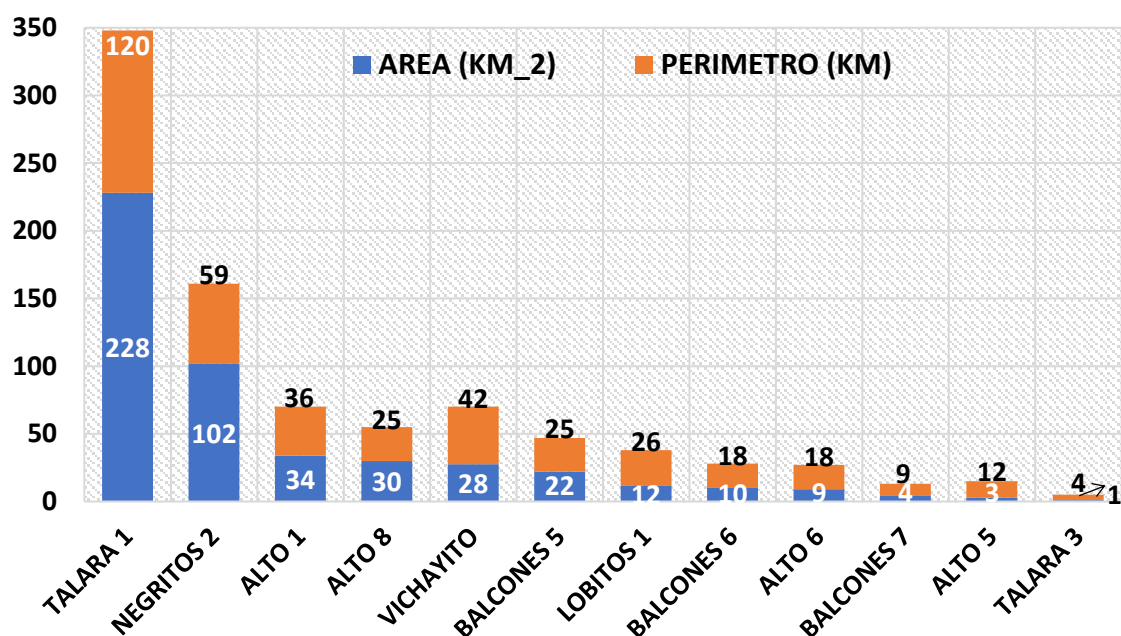
Corte Noreste – Suroeste 3A del Cañón submarino de Talara



Nota. El perfil muestra la zona distante del Cañón de Talara que pasa por el Talud Inferior

Figura 32

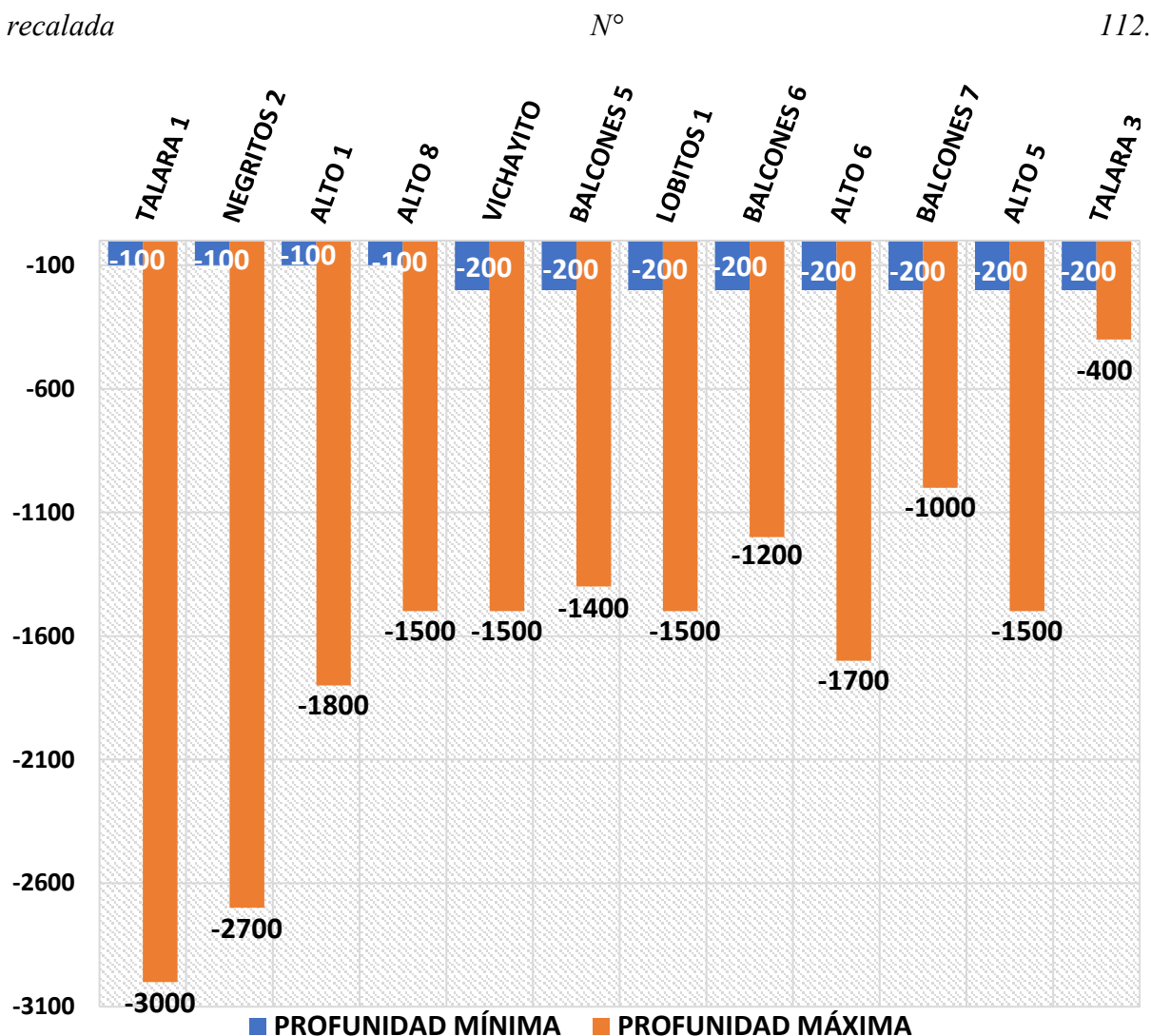
Relación de área vs perímetro de los cañones submarinos tipo 1 y 2 pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.



Nota. De la caracterización de los cañones submarinos, se ha realizado una comparación de magnitudes (área y perímetro), a efectos de visualizar la relación que existe entre dichas medidas de superficie.

Figura 33

Profundidad máxima y mínima en la columna de agua respecto a los cañones submarinos de tipo 1 y 2 ubicados en el Margen Continental Peruano y enmarcados en la carta náutica de recalada



Nota. De la caracterización de los cañones submarinos, se ha realizado una comparación entre la profundidad máxima y mínima para cada monte submarino perteneciente al tipo 1 y 2, a efectos de visualizar la altitud que tiene cada uno de estos rasgos y su relación con la profundidad en cada morfoestructura.

B. Cañones Tipo 3. Respecto a los cañones submarinos de tipo 1 y 2, se ha evidenciado que estos cañones se originan en el talud superior entre los (-200 metros) y se extienden hasta el talud continental (hasta los -2,600 metros), de los cuales en nuestra zona de estudio se han

verificado un total de 18 cañones que se detalla en la tabla 4. Asimismo, se obtuvieron medidas de superficie, tales como el área y el perímetro, así como el rango de profundidades en el que se extiende cada cañón submarino de tipo 3 expresadas en metros bajo el nivel del mar (m.b.n.m.), y la relación entre dichas medidas y el rango batimétrico correspondiente (véanse Figuras 34 y 35).

Tabla 4

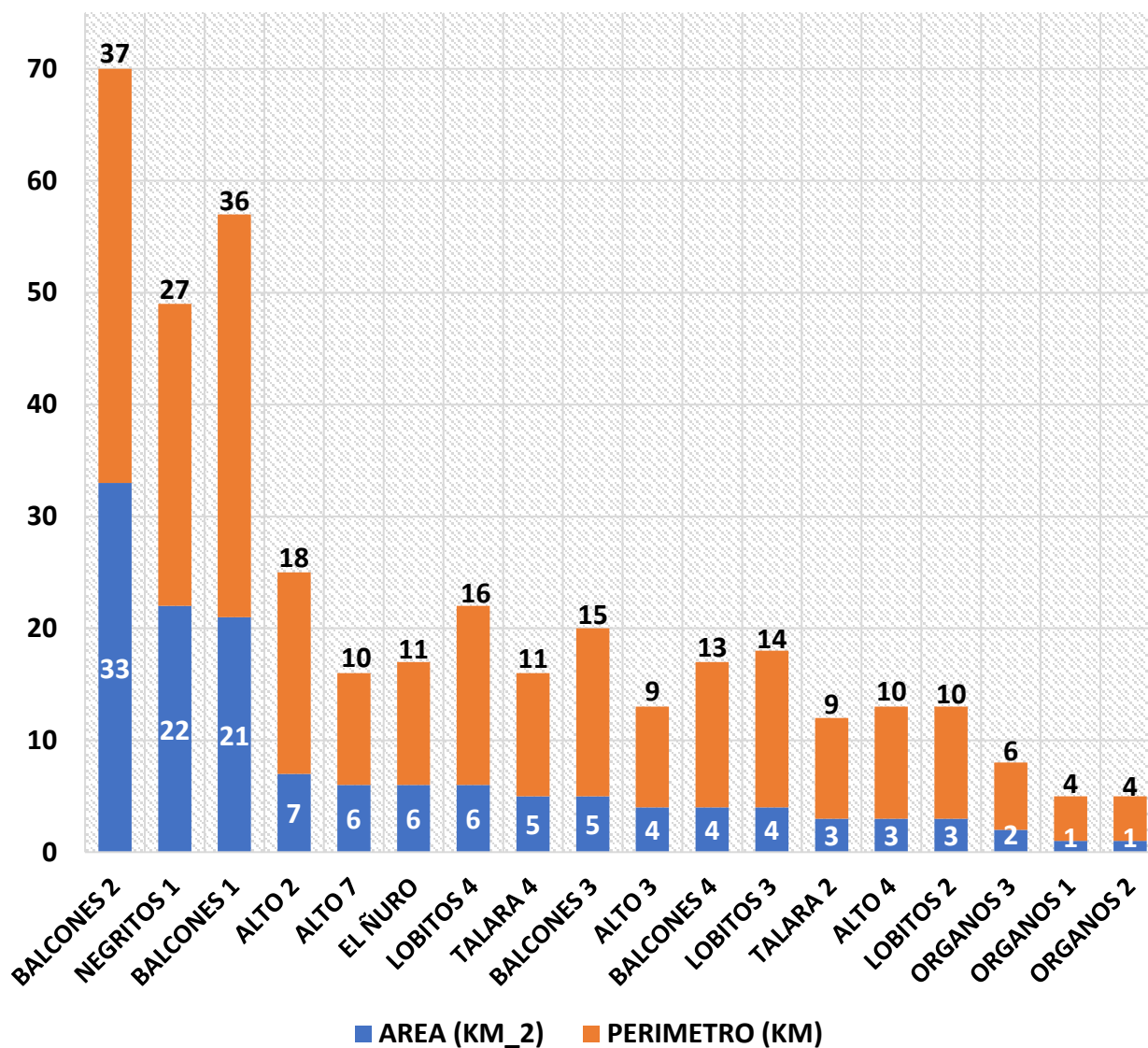
Principales medidas de superficie de los cañones submarinos Tipo 3 pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112

Nombre	Área (Km²)	Perímetro (Km)	Profundidad Mínima	Profundidad Máxima
Balcones 2	33	37	-300	-2,000
Negritos 1	22	27	-400	-2,600
Balcones 1	21	36	-300	-1,900
Alto 2	7	18	-200	-1,700
Alto 7	6	10	-1,000	-1,700
El Ñuro	6	11	-300	-1,500
Lobitos 4	6	16	-200	-1,000
Talara 4	5	11	-1,000	-1,900
Balcones 3	5	15	-1,200	-1,700
Alto 3	4	9	-600	-1,700
Balcones 4	4	13	-300	-1,000
Lobitos 3	4	14	-500	-1,400
Talara 2	3	9	-400	-1,400
Alto 4	3	10	-400	-1,600
Lobitos 2	3	10	-300	-1,100
Órganos 3	2	6	-700	-1,400
Órganos 1	1	4	-900	-1,500
Órganos 2	1	4	-900	-1,500

Nota. El listado de los cañones submarinos de la tabla 4, corresponde a un orden descendente respecto a el área y perímetro.

Figura 34

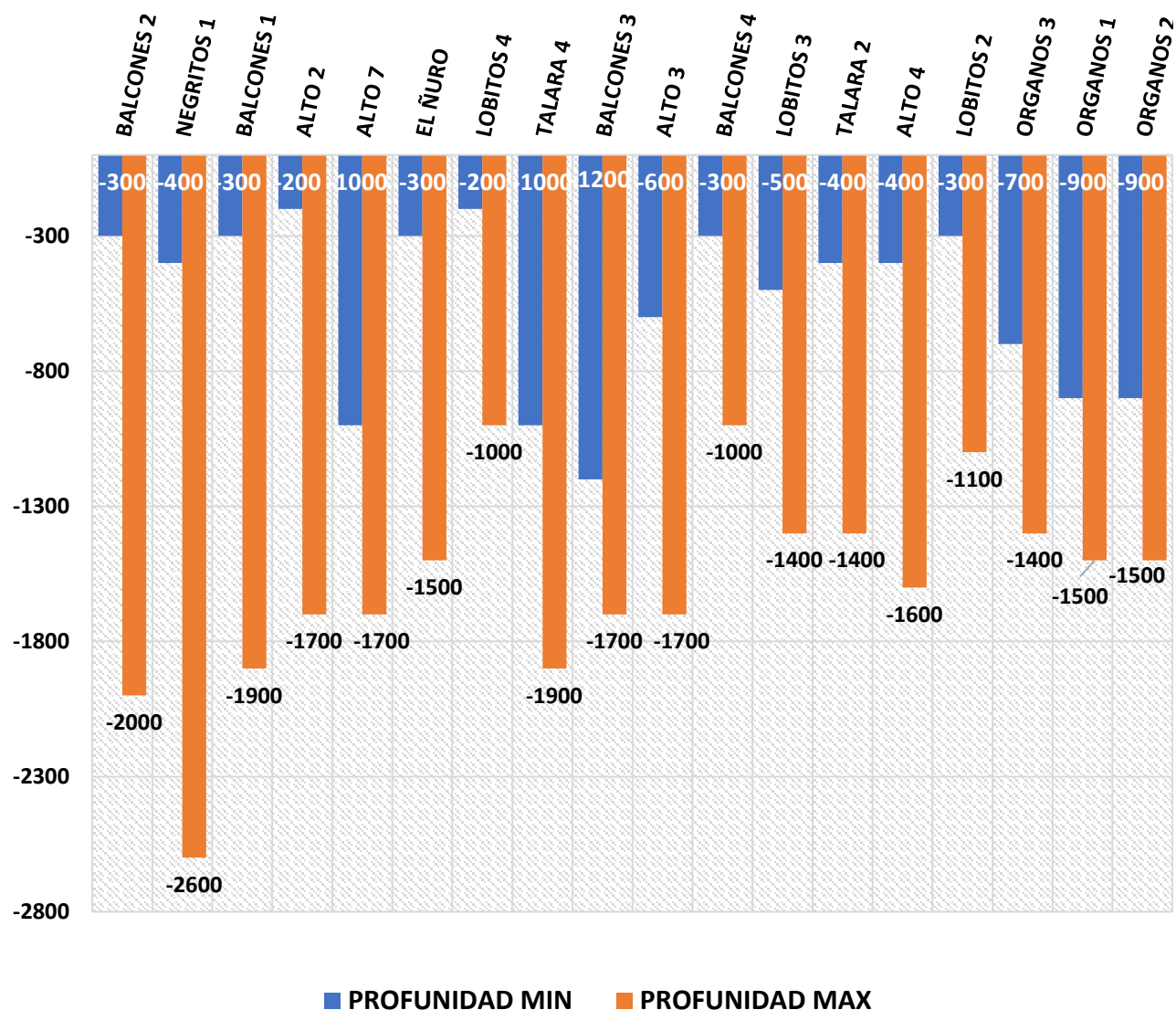
Relación de área vs perímetro de los cañones submarinos tipo 3 pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112



Nota. De la caracterización de los cañones submarinos, se ha realizado una comparación de magnitudes (área y perímetro), a efectos de visualizar la relación que existe entre dichas medidas de superficie.

Figura 35

Profundidad máxima y mínima en la columna de agua respecto a los cañones submarinos de tipo 3 ubicados en el Margen Continental Peruano y enmarcados en la carta náutica de recalada N° 112.



Nota. De la caracterización de los cañones submarinos, se ha realizado una comparación entre la profundidad máxima y mínima para cada monte submarino perteneciente al tipo 3, a efectos de visualizar la altitud que tiene cada uno de estos rasgos y su relación con la profundidad en cada morfoestructura.

4.1.2.3. Tributarios de los cañones submarinos. Respecto a dicho elemento característico perteneciente a los cañones submarinos, del total de cañones submarinos perteneciente a la carta náutica de recalada N° 112, 24 cañones submarinos de tipo 1, 2 y 3 solo poseen dichos rasgos característico.

A. Tributarios de los cañones submarinos tipo 1 y 2. Para los cañones submarinos de tipo 1 y 2 se ha evidenciado que, por ser estos cañones de mayor área y perímetro, estos poseen el mayor número de tributarios (Tabla 5); asimismo, ya que los cañones al tener una mayor longitud respecto a los cañones de tipo 3, la longitud de sus tributarios es directamente proporcional a dichos cañones. Asimismo, se obtuvo la relación entre el número total de tributarios y la sumatoria de longitudes unitarias de cada tributario por cada cañón submarino de tipo 1 y 2 (véase Figuras 36).

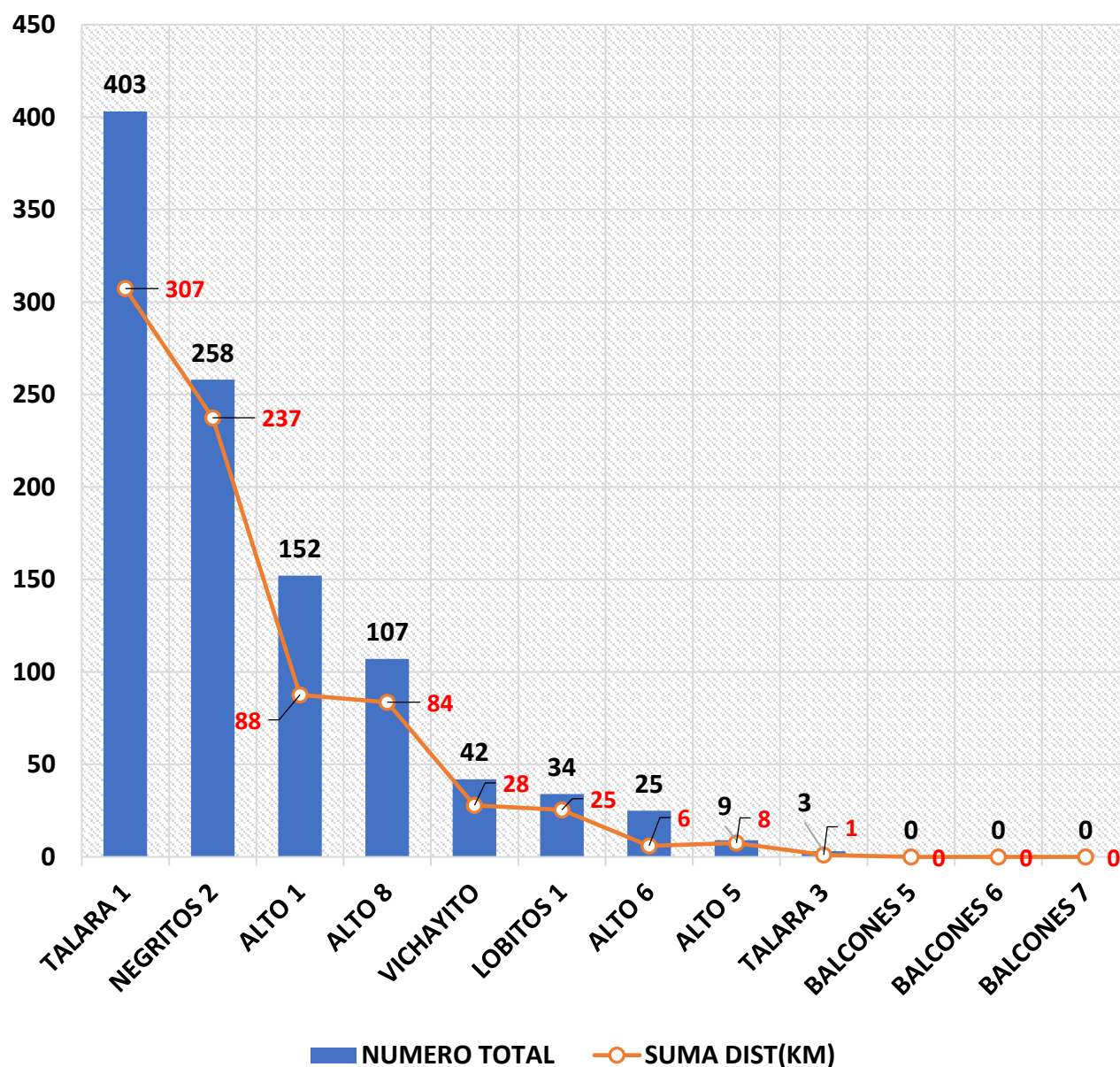
Tabla 5

Número total de tributarios y la sumatoria de longitudes unitarias expresa en Km por cañón submarino de Tipo 1 y 2, pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.

Nombre	Ubicación Inicial	Ubicación fin	Número total de tributarios	Longitud (Km)
Talara 1	Plataforma Cont.	Talud Medio	403	307
Negritos 2	Plataforma Cont.	Talud Medio	258	237
Alto 1	Plataforma Cont.	Talud Superior	152	88
Alto 8	Plataforma Cont.	Talud Superior	107	84
Vichayito	Plataforma Cont.	Talud Superior	42	28
Lobitos 1	Plataforma Cont.	Talud Superior	34	25
Alto 6	Plataforma Cont.	Talud Superior	25	6
Alto 5	Plataforma Cont.	Talud Superior	9	8
Talara 3	Plataforma Cont.	Talud Superior	3	1
Balcones 5	Plataforma Cont.	Talud Superior	0	0
Balcones 6	Plataforma Cont.	Talud Superior	0	0
Balcones 7	Plataforma Cont.	Talud Superior	0	0

Figura 36

Relación entre el número total de tributarios y la sumatoria de longitudes unitarias de cada tributario por cada cañón submarino de tipo 1 y 2, pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.



B. Tributarios de los cañones submarinos tipo 3. Para los cañones submarinos de tipo 3 se ha evidenciado que, por ser denominados cañones originarios del talud continental, estos poseen un menor número de tributario (Tabla 6), ya que estos cañones suelen tener menor área y perímetro; asimismo, ya que los cañones al tener una menor longitud respecto a los cañones

de tipo 1 y 2, la longitud de sus tributarios es directamente proporcional a dichos cañones en su mayoría. Asimismo, se obtuvo la relación entre el número total de tributarios y la sumatoria de longitudes unitarias de cada tributario por cada cañón submarino de tipo 1 y 2 (véase Figuras 36).

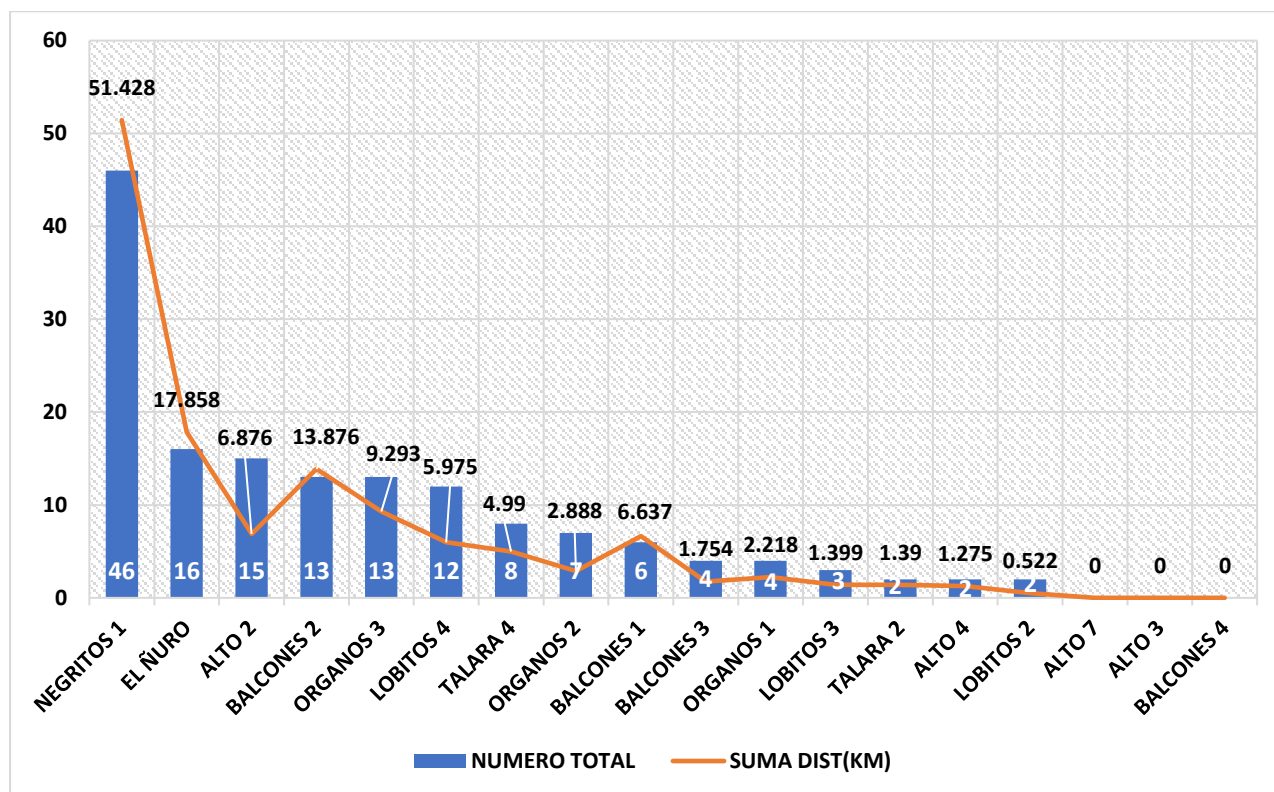
Tabla 6

Número total de tributarios y la sumatoria de longitudes unitarias expresa en Km por cañón submarino de Tipo 3, pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112.

Nombre	Ubicación Inicial	Ubicación fin	Número total de tributarios	Longitud (Km)
Negritos 1	Talud Superior	Talud Medio	46	51
El Ñuro	Talud Superior	Talud Superior	16	18
Alto 2	Talud Superior	Talud Superior	15	7
Balcones 2	Talud Superior	Talud Medio	13	14
Órganos 3	Talud Superior	Talud Superior	13	9
Lobitos 4	Talud Superior	Talud Superior	12	6
Talara 4	Talud Superior	Talud Medio	8	5
Órganos 2	Talud Superior	Talud Superior	7	3
Balcones 1	Talud Superior	Talud Medio	6	7
Balcones 3	Talud Superior	Talud Superior	4	2
Órganos 1	Talud Superior	Talud Superior	4	2
Lobitos 3	Talud Superior	Talud Superior	3	1
Talara 2	Talud Superior	Talud Superior	2	1
Alto 4	Talud Superior	Talud Superior	2	1
Lobitos 2	Talud Superior	Talud Superior	2	1
Alto 7	Talud Superior	Talud Superior	0	0
Alto 3	Talud Superior	Talud Superior	0	0
Balcones 4	Talud Superior	Talud Superior	0	0

Figura 37

Relación entre el número total de tributarios y la sumatoria de longitudes unitarias de cada tributario por cada cañón submarino de tipo 3, pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112



4.1.2.4. Cuencas Sedimentarias Respecto a las cuencas sedimentarias, se han detectado 2 cuencas representativas pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112. La cuenca sedimentaria A posee un área total de 200 kilómetros cuadrados (Km^2) y posee un perímetro de 69 kilómetros (Km), ubicándose en el talud superior entre los 900 a 1000 metros de profundidad; asimismo, la cuenca sedimentaria B posee un área total de 259 Kilómetros cuadrados (Km^2) y posee un perímetro de 112 kilómetros (Km), ubicándose en el talud superior entre los 1,700 a 1,900 metros de profundidad (véase Tabla 7). Asimismo, se obtuvo perfil de la cuenca sedimentaria B con sentido Noreste a Suroeste (véase Figuras 38).

Tabla 7

Principales medidas de superficie de las principales cuencas submarinas pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112

CUENCA	UBICACIÓN	AREA Km²	PERIMETRO (Km)	PROF. MÍNIMA	PROF. MÁXIMA
A	TALUD SUPERIOR	200	69	-900	-1,000
B	TALUD SUPERIOR	259	112	-1,700	-1,900

Figura 38

Corte Noreste – Suroeste de la Cuenca Sedimentaria “B” pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112

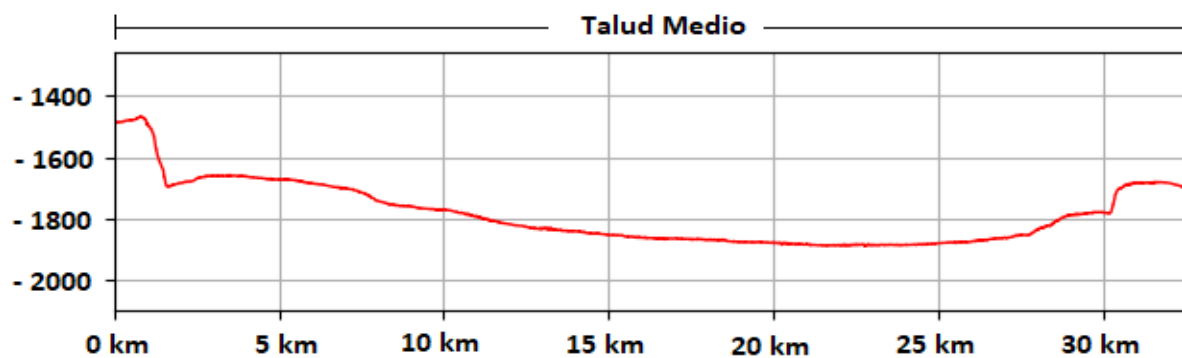
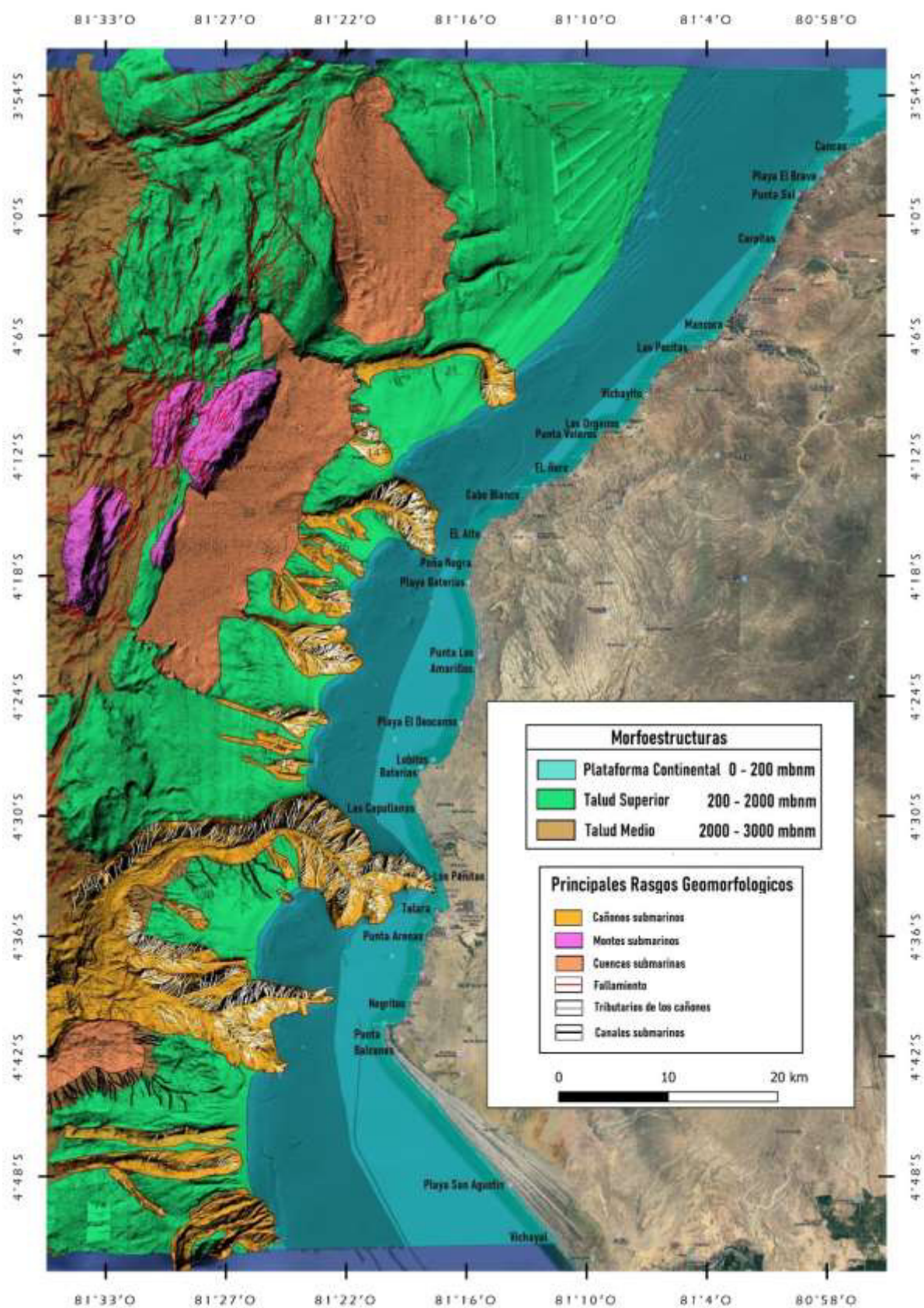


Figura 39

Mapa Geomorfológico pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112



V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Aspectos geomorfológicos

Los resultados obtenidos muestran que el Cañón de Talara constituye el rasgo morfológico más prominente de la zona de estudio, con un área aproximada de 228 Km² y un rango batimétrico que se extiende desde -100 hasta -3000 m.b.n.m., abarcando desde la plataforma continental hasta el talud medio. Estos valores coinciden con lo reportado por García et al. (2009), quien ubicó la cabecera del cañón en la plataforma continental y lo describió como uno de los principales rasgos del margen norte peruano.

Al comparar la distribución de cañones observada en este sector con la caracterización global de Harris y Whiteway (2011), se confirma que la mayor parte de cañones (18) se originan en el talud superior, lo que concuerda con la tendencia mundial de mayor abundancia de cañones en dicha morfoestructura. En contraste, los 14 cañones identificados en la plataforma continental corresponden a zonas de acumulación y transporte de sedimentos, asociadas a cuencas sedimentarias.

Este patrón evidencia que la dinámica sedimentaria del margen norte peruano está controlada tanto por procesos de subducción y fallamiento, que generan relieves abruptos, como por la acumulación y canalización de sedimentos a través de cañones y cuencas.

5.2. Aspectos granulométricos y de bentos

Los datos de reflectividad analizados por Herrera (2019) permitieron identificar ocho tipos de sustratos en la Carta Náutica N° 112, entre los que destacan limos, arenas y gravas bioclásticas, distribuidos en la plataforma y el talud. Esta información complementa la presente caracterización geomorfológica al evidenciar que los cañones y montes no solo representan rasgos estructurales, sino que también funcionan como focos de diversidad sedimentaria. (véase Tabla 8).

Tabla 8

Principales medidas de superficie de las principales cuencas submarinas pertenecientes a la carta náutica de recalada N° 112

TIPO DE SUSTRATO	ÁREA (Km ²)	DISTRIBUCIÓN		
		ZONA NORTE	ZONA CENTRO	ZONA SUR
Arcillas	177	500 – 900 m.b.n.m.	50 – 100 m.b.n.m.	-
Limos	786	50 – 500 m.b.n.m	50 – 200 m.b.n.m	50 – 200 m.b.n.m
Arenas	791	Talud sup./med. 100 – 200	-	-
Arenas biogénicas	84	-	Plataforma (4°15'–4°25')	Plataforma (4°35'–4°40')
Gravas bioclásticas	62	-	Plataforma	Plataforma (parche 4°45')
Gravas	621	Cañones submarinos	Quiebre de plataforma	Cañones submarinos
Gravas con arcillas pelágicas	1,583	Talud continental (>500)	Talud continental	Talud continental
Rocas	488	Talud superior, cañones	Escarpes	Escarpes y montículos

5.3. Aspectos biológicos

Guzmán Gutiérrez (2024) señala que la localización de las geoformas submarinas cumple un papel esencial en la configuración de hábitats marinos y en la distribución de la biodiversidad, las diferentes geoformas, como cañones, colinas y cuencas intratalud, generan hábitats diversos que sostienen una amplia variedad de especies marinas. Además, los aportes sedimentarios de los principales ríos enriquecen el medio con nutrientes y materia orgánica, favoreciendo la productividad y la conectividad entre ecosistemas costeros y de aguas profundas. En este sentido, la caracterización del relieve submarino es fundamental para comprender la distribución de la biodiversidad, identificar áreas de alta importancia ecológica y promover estrategias de conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos marinos.

En relación con los montes submarinos, Mouriño et al. (2001) identificaron un incremento en los niveles de clorofila y en las tasas de incorporación de carbono en el monte submarino Great Meteor (véase Tabla 9), en comparación con áreas más alejadas, por otro lado, este aumento en la concentración de clorofila podría estar relacionado con una zona de estancamiento generada por la estructura de la columna de Taylor. Los sistemas de circulación cerrada o retentiva asociados a los montes submarinos podrían desempeñar un papel clave en la retención de la producción primaria, facilitando el flujo de energía hacia niveles tróficos superiores.

Tabla 9

Cuadro taxonómico de especies pertenecientes a los cañones del margen continental sureste de Australia

Zona de estudio	Periodo	Campaña	Biomasa de Fitoplancton (mg m⁻²)	Nº de estaciones	Producción Primaria (mgCm⁻²h⁻¹)	Nº de estaciones
Cima del Monte GMT	mar-92	CD 66	15 ± 1	6	23	1
	dic-93	CD 83	30	1	44	1
	oct-95	CD 97	23	1		
	ago-98	Azores I	46	1	36	1
	abr-99	Azores II	11.6 ± 0.4	5	19	1
Talud del Monte GMT (350–3000 m.b.n.m)	mar-92	CD 66	18 ± 3	4	19 ± 1	2
	dic-93	CD 83	23	1	54	1
	abr-99	Azores II	14 ± 2	2	12	
Pie del Monte GMT (> 3000 m.b.n.m.)	mar-92	CD 66	12 ± 4	2	23 ± 3	2
	dic-93	CD 83	24	1	58	1
	oct-95	CD 97	23	1		
	abr-99	Azores II	13.4 ± 0.4	4	13	1

Gálvez-Larach (2009) señala que los montes submarinos exhiben un alto nivel de productividad en comparación con las aguas circundantes y poseen un gran potencial para la minería oceánica y la pesca de fondo.

Respecto a los cañones submarinos, existe una relación muy estrecha entre las corrientes canalizadas a través de los cañones y la productividad primaria, lo que facilita el transporte de sedimentos y compuestos reactivos ligados a partículas hacia las profundidades marinas. (Puig et al., 2014).

Por otro lado, Schlacher et al. (2007), relaciona a los ecosistemas marinos vulnerables de aguas profundas con los montes submarinos y las cabeceras de cañones submarinos (véase Tabla 10)., dado que dichos rasgos morfológicos son zonas claves con altas tasas de biodiversidad albergando hábitats como los corales de aguas frías y las esponjas filtradora; asimismo, respecto a los cañones submarinos, identificó que podrían ser focos de biodiversidad mega bentónica, debido a factores como las fuertes corrientes de fondo, que transportan partículas alimenticias a los organismos filtradores, y a la acumulación de detritos orgánicos, como algas y fitodetritus, que también sirven de alimento, encontrando así, una alta concentración de endemismo en los cañones submarinos comunes de ecosistemas bentónicos, siendo los más representantes las esponjas de cañón que presentan una biodiversidad altamente localizada y otras especies tales como poliquetos, langostas y moluscos.

Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2008) señala que los ecosistemas bentónicos ubicados en las cabeceras de los cañones submarinos son particularmente sensibles a las actividades humanas, especialmente a la pesca de arrastre. Entre las especies más vulnerables se encuentran las gorgonias y *Lophelia pertusa*, ambos corales de aguas frías, así como el "Jarrón", una esponja marina que forma estructuras tridimensionales que sirven de hábitat para diversas especies. Estos ecosistemas pueden sufrir daños graves debido a la intervención humana y requieren largos períodos para su recuperación. Asimismo, la FAO indica que, aunque los montes submarinos no suelen ser directamente impactados por la pesca de arrastre debido a su composición rocosa, pueden contener ecosistemas frágiles por la presencia de corales y esponjas. Además, estos montes suelen presentar una elevada biodiversidad y un alto grado de endemismo, lo que les otorga un considerable valor ecológico.

Tabla 10*Cuadro taxonómico de especies propios de cañones del margen del sureste de Australia*

Clase	Orden	Familia	Género	Nº de especies	Prof. (m)	Cañones pertenecientes
Demospongiae	Spirophorida	Tetillidae	Craniella	2	270–429	Pieman Canyon
			Tetilla	1	270–337	Big Horseshoe
		Ancorinidae	Ecionemia	1	114–117	Big Horseshoe
			Holoxea	2	179–397	Banks Strait
	Astrophorida	Geodiidae	Geodia	4	173–612	Ling Hole
	Hadromerida	Clionaidae	Cliona	2	114–449	Big Horseshoe
			Clathria	4	114–415	Big Horseshoe
	Poecilosclerida	Microcionidae	Holopsamma	1	114–117	Big Horseshoe
			Raspailiidae	5	181–612	Banks Street
	Halichondridae	Dictyonellidae	Acanthella	4	173–397	Ling Hole
	Dictyoceratida	Darwinellidae	Dendrilla	1	270–337	Big Horseshoe
			Spongiidae	8	114–485	Big Horseshoe
Calcarea	—	—	—	13 (morfofot i-pos)	174–612	Ling Hole

VI. CONCLUSIONES

6.1 El análisis batimétrico multihaz obtenido durante el crucero INGEMAR I (2016) permitió identificar con precisión las principales morfoestructuras del margen continental peruano, en el sector comprendido entre Punta Sal y Punta Pariñas. Se delimitaron tres unidades principales: plataforma continental (1,503 Km²), talud superior (2,852 Km²) y talud medio (940 Km²).

6.2 En el área de estudio se identificaron 7 montes submarinos y 30 cañones, clasificados en tres tipos según su origen y desarrollo. El Cañón de Talara (228 Km², hasta –3000 m) y el de Negritos (102 Km², hasta –2600 m) destacan como las geoformas más significativas de la zona norte del margen convergente peruano.

6.3 Los cañones de tipo 1 y 2, cuya cabecera se ubica en la plataforma continental, presentan mayor desarrollo y número de tributarios, lo que evidencia un rol fundamental en el transporte y acumulación de sedimentos hacia el talud medio. Los cañones de tipo 3, en cambio, se originan en el talud superior y muestran menor longitud y ramificación.

6.4 La caracterización realizada constituye la primera aproximación detallada de las geoformas submarinas en este sector, aportando información de alta resolución que complementa estudios previos de carácter general. Estos resultados representan un insumo clave para futuras investigaciones sobre procesos tectónicos, sedimentarios y oceanográficos en márgenes convergentes.

6.5 Los cañones y montes identificados no solo representan rasgos estructurales del relieve submarino, sino que también constituyen áreas de potencial interés ecológico, al estar asociados a procesos de canalización de corrientes, acumulación de sedimentos y concentración de biodiversidad bentónica.

VII. RECOMENDACIONES

7.1 Extender futuros estudios batimétricos hacia otros sectores del margen continental peruano (zonas centro y sur) con el fin de obtener una caracterización integral y comparativa del relieve submarino nacional.

7.2 Promover la realización de nuevos cruceros oceanográficos con ecosondas multihaz de alta resolución y perfiles sísmicos, a fin de complementar y actualizar la información obtenida en el crucero INGEMAR I (2016).

7.3 Combinar el análisis geomorfológico con estudios sedimentológicos, biológicos y oceanográficos, para comprender la relación entre las geoformas submarinas, la dinámica de corrientes y la biodiversidad bentónica asociada.

7.4 Incentivar el uso de herramientas de análisis geoespacial (QGIS, R, Python) y programas especializados en batimetría, con el objetivo de estandarizar metodologías y mejorar la precisión de los mapas marinos en el Perú.

7.5 Utilizar la información generada como insumo para la planificación espacial marina, la conservación de hábitats vulnerables (cañones y montes submarinos) y la exploración de potenciales recursos energéticos y pesqueros.

7.6 Fomentar la publicación de resultados en revistas científicas y la cooperación entre universidades, la Dirección de Hidrografía y Navegación y el INGEMMET, con el fin de consolidar una base de datos nacional sobre geomorfología submarina.

VIII. REFERENCIAS

- Allain, V., Kirby, D., y Kerandel, J. (2006). Seamount research planning workshop report, 20–21 March 2006. Oceanic Fisheries Programme, Secretariat of the Pacific Community. <https://www.wcpfc.int/node/1771>
- Bourgois, J., Pautot, G., Sosson, M., von Huene, R., y Bandy, W. (1986). Régime tectonique de la marge andine convergente du Pérou (Campagne SEAPEREC du N/O Jean-Charcot, juillet 1986). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences. Série II*, 303(17), 1599–1604.
- Collot, J.-Y., Michaud, F., Alvarado, A., Marcaillou, B., Sosson, M., Ratzov, G., y Pazmiño, A. (2009). Visión general de la morfología submarina del margen convergente de Ecuador–sur de Colombia: Implicaciones sobre la transferencia de masa y la edad de la subducción de la cordillera de Carnegie. En *Geología y geofísica marina y terrestre del Ecuador desde la costa continental hasta las islas Galápagos* (pp. 47–74). CNDM–INOCAR–IRD.
- Dirección de Hidrografía y Navegación. (2016). Carta náutica de recalada N.º 112. Ministerio de Defensa del Perú.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2008). Report of the FAO workshop on vulnerable ecosystems and destructive fishing in deep-sea fisheries: Rome, 26–29 June 2007 (FAO Fisheries Report No. 829). <https://www.fao.org/3/i0150e/i0150e.pdf>
- Fisher, R. L. (1974). Pacific-type continental margins. En C. A. Burk y C. L. Drake (Eds.), *The geology of continental margins* (pp. 25–41). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-01141-6_3
- Gálvez-Larach, M. (2009). Seamounts of Nazca and Salas y Gómez: A review for management and conservation purposes. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 37(3), 497–500. <https://doi.org/10.3856/vol37-issue3-fulltext-16>

- García, G., Laurence, A., Velazco, F., Gutiérrez, D., y Jacay, J. (2009). Levantamiento batimétrico de alta resolución: Cañones submarinos a lo largo del margen continental peruano. En XII Congreso Geológico Chileno.
- García, M., Valdivia, E., y León, J. (2009). *Geomorfología submarina de la plataforma y talud continental del norte peruano*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico.
- Guzmán Gutiérrez, F. C. (2024). Geomorfología submarina del sector central del margen continental del Pacífico colombiano [Tesis de pregrado, Universidad del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad del Norte.
- Harris, P. T., y Whiteway, T. (2011). Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margins. *Marine Geology*, 285(1–4), 69–86. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2011.05.008>
- Harris, P. T., Macmillan-Lawler, M., Rupp, J., y Baker, E. K. (2014). Geomorphology of the oceans. *Marine Geology*, 352, 4–24.
- Herrera, J., Cerpa, L., Herbozo, G., y Morales, M. (2021). Distribución textural y granulométrica de sedimentos marinos superficiales en la Carta Náutica N.º 112. En XIX Congreso Peruano de Geología (pp. 78–81). Sociedad Geológica del Perú.
- Herrera, M. (2019). *Caracterización sedimentológica y bentónica en la Carta Náutica N.º 112* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
- Herrera, M. (2021). Análisis de sustratos marinos mediante reflectividad acústica en la costa norte del Perú. *Revista Peruana de Ciencias Marinas*, 8(2), 55–74.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill Education.
- Lavelle, J. W., y Mohn, C. (2010). Motion, commotion, and biophysical connections at deep-ocean seamounts. *Oceanography*, 23(1), 90–103.

- Macharé, J., Sébrier, M., Huamán, D., y Mercier, J. (1986). Tectónica cenozoica de la margen continental peruana. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 76, 45–77.
- Masías, A. (1976). *Morphology, shallow structure and evolution of the Peruvian continental margin, 6° to 18° S* [Tesis de maestría, Oregon State University]. <http://hdl.handle.net/1957/28513>
- Mouriño, B., Fernández, E., Serret, P., Harbour, D., Sinha, B., y Pingree, R. (2001). Variability and seasonality of physical and biological fields at the Great Meteor Tablemount (subtropical NE Atlantic). *Oceanologica Acta*, 24(2), 167–185.
- Muñoz, A., Acosta, J., Palomo, C., Herranz, P., Sanz, J., Molinero, J., Gómez, R., Becares, M., y Uchupi, E. (1997). *Datos batimétricos y sísmicos en el ámbito de la investigación de la zona económica exclusiva española*. Instituto Español de Oceanografía.
- Neuendorf, K. K. E., Mehl, J. P., Jr., y Jackson, J. A. (2005). *Glossary of geology* (5th ed.). American Geological Institute.
- OHI–IOC. (2019). *Standardization of undersea feature names*. International Hydrographic Organization.
- Prince, R. (1974). *Deformation in the Peru Trench, 6° to 10° S* [Tesis de maestría, Oregon State University]. <https://ir.library.oregonstate.edu>
- Puig, P., Palanques, A., y Martín, J. (2014). Procesos contemporáneos de transporte de sedimentos en cañones submarinos. *Annual Review of Marine Science*, 6, 53–77. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010213-135037>
- Puig, P., Canals, M., Company, J. B., Martín, J., Amblas, D., Lastras, G., Palanques, A., y Calafat, A. M. (2014). Ploughing the deep-sea floor. *Nature*, 489(7415), 286–289. <https://doi.org/10.1038/nature11410>

- Rodríguez Sánchez, M. (2015). *La hidroacústica horizontal aplicada a la detección de peces en ecosistemas someros* [Tesis doctoral, Universidad de Sevilla].
<http://hdl.handle.net/11441/31241>
- Santos Barrera, Y. (2015). Morfología del margen continental del Pacífico colombiano en los sectores de Bahía Solano y Tumaco. *Boletín Científico CIOH*, 33, 169–186.
<https://doi.org/10.26640/22159045.284>
- Schlacher, T. A., Schlacher-Hoenlinger, M. A., Williams, A., Althaus, F., Hooper, J. N. A., y Kloser, R. (2007). Richness and distribution of sponge megabenthos in continental margin canyons off southeastern Australia. *Marine Ecology Progress Series*, 340, 73–88. <https://doi.org/10.3354/meps340073>
- Schlacher, T. A., Rowden, A. A., Dower, J. F., y Consalvey, M. (2007). Seamount science scales undersea mountains: New research and outlook. *Oceanography*, 20(1), 134–143.
<https://doi.org/10.5670/oceanog.2007.55>
- Shepard, F. P. (1963). *Submarine geology* (2nd ed.). Harper y Row.
- Shepard, F. P. (1981). Submarine canyons: Multiple causes and long-time persistence. *AAPG Bulletin*, 65(6), 1062–1077.
- Schweigger, E. (1947). *El litoral peruano*. Compañía Administradora del Guano.
- Sutton, T., Dassau, O., y Sutton, M. (2022). *Guía de usuario QGIS* (v. 3.22).
<https://docs.qgis.org>
- Tarbuck, E. J., y Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física* (8.^a ed.). Pearson Educación.
- Thornburg, T., y Kulm, L. (1981). Sedimentary basins of the Peru continental margin. En *Geological Society of America Memoirs* (pp. 393–422). Geological Society of America.

- Teves, N., y Evangelista, E. (1976). Las 200 millas de mar territorial peruano y sus fondos marinos. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, (53–54), 59–74.
- Von Huene, R., Ranero, C. R., y Vannucchi, P. (2004). Generic model of subduction erosion. *Geology*, 32(10), 913–916. <https://doi.org/10.1130/G20563.1>
- Von Huene, R., Ranero, C. R., y Watts, P. (2004). Tsunamigenic slope failure along the Middle America Trench in two tectonic settings. *Marine Geology*, 203(3–4), 303–317. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(03\)00312-8](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(03)00312-8)
- Wessel, P., Sandwell, D. T., y Kim, S.-S. (2010). The global seamount census. *Oceanography*, 23(1), 24–33. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2010.60>
- Würtz, M., y Rovere, M. (Eds.). (2015). *Atlas of Mediterranean seamounts and seamount-like structures*. IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2015.2.en>

IX. ANEXOS

ANEXO A. Fotografías pertenecientes al litoral de Punta Sal - Tumbes

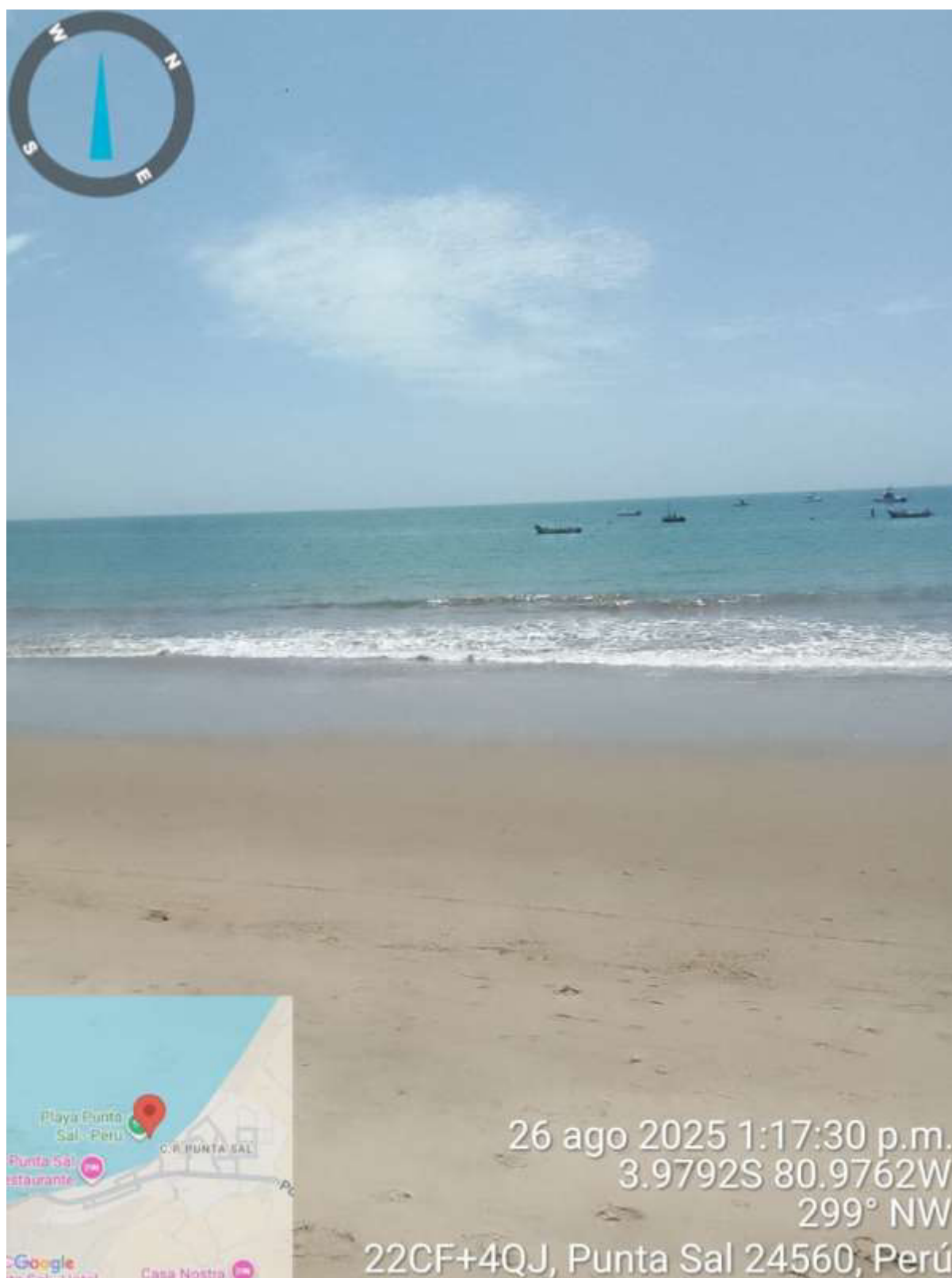


Figura A1.1. Fotografía tomada cerca de la línea costera de Punta Sal.

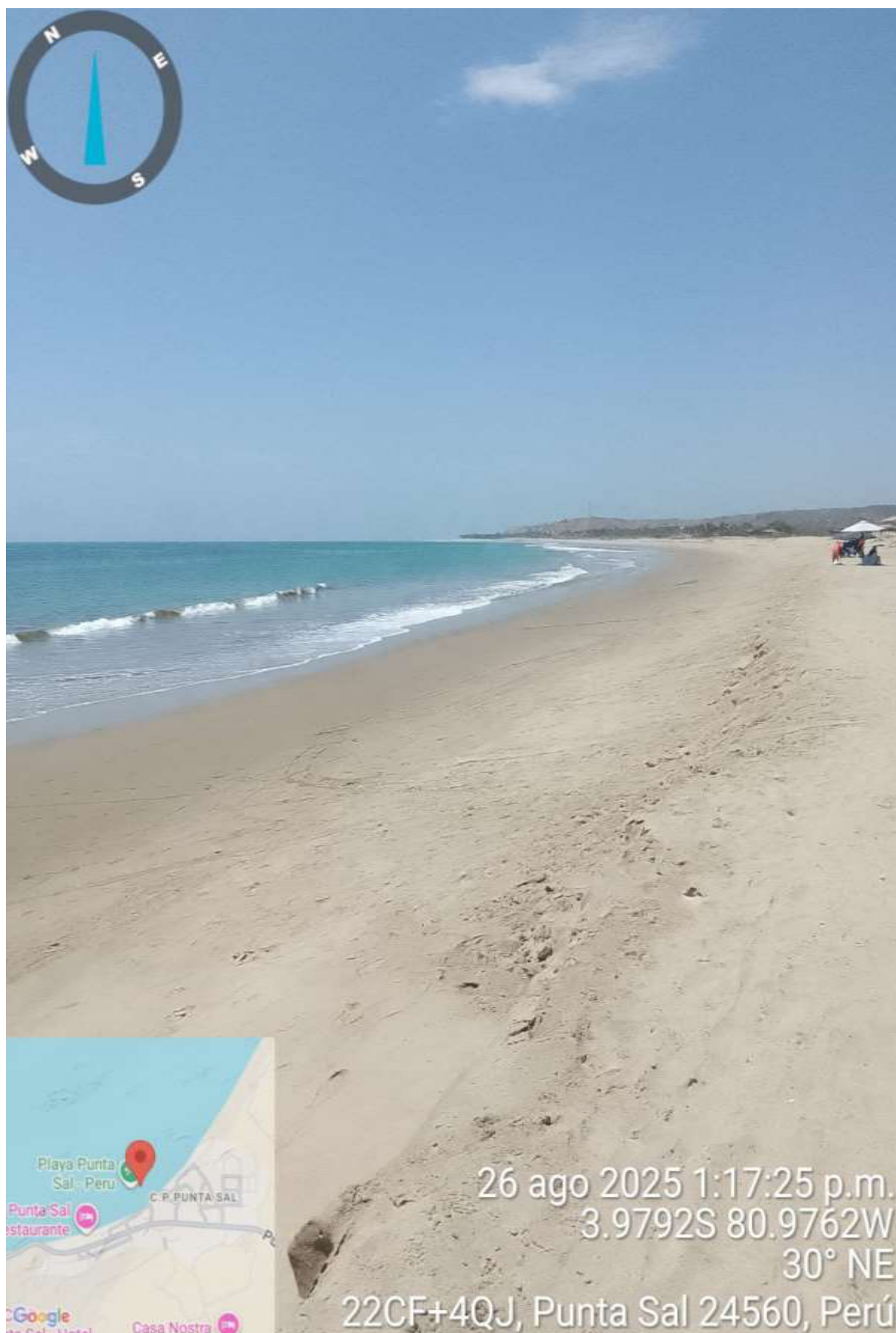


Figura A1.2. Fotografía tomada en la playa de Punta Sal con sentido W – E.

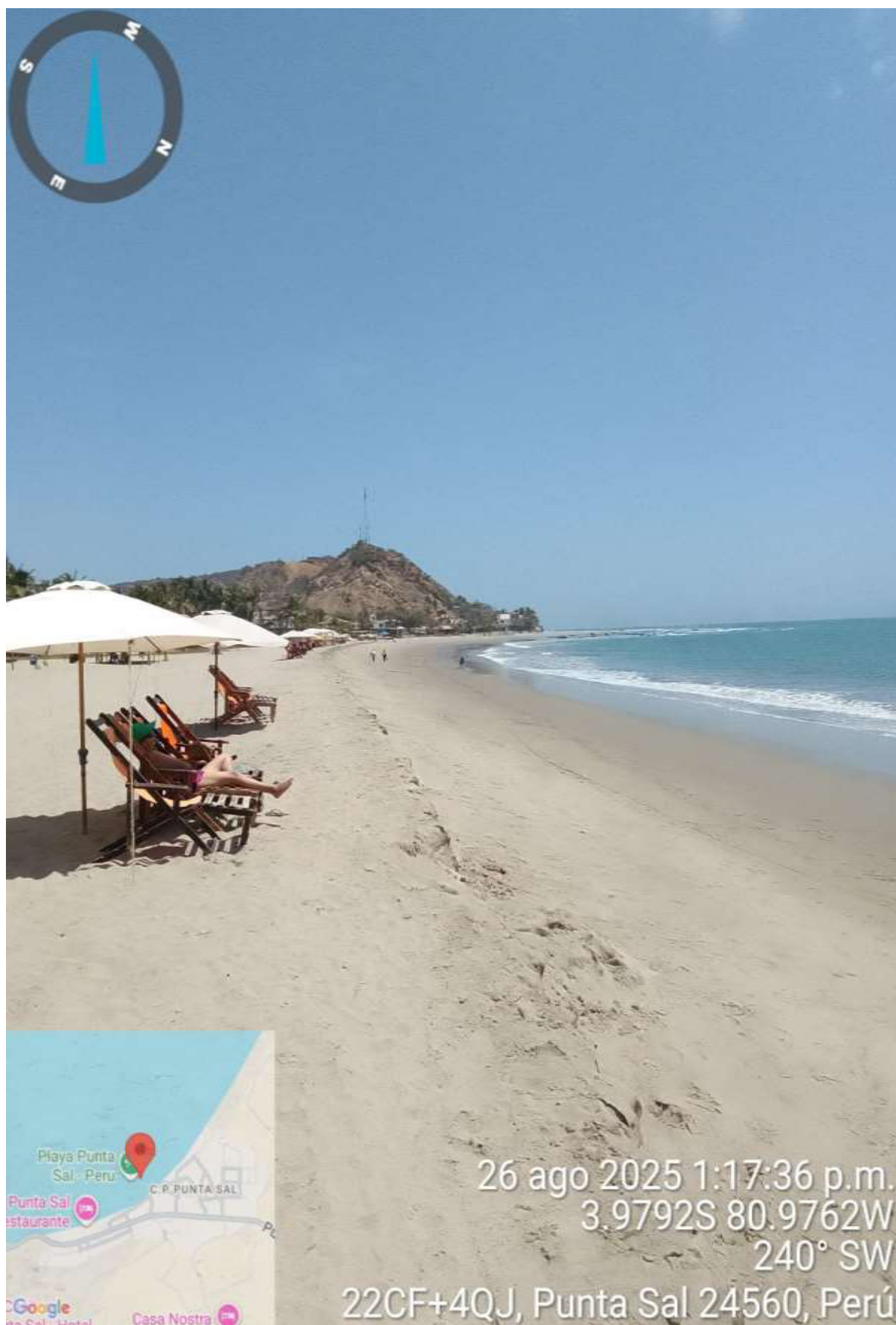


Figura A1.3. Fotografía tomada en la playa de Punta Pariñas con sentido E - W

ANEXO B. Fotografías pertenecientes al litoral de Punta Pariñas - Negritos

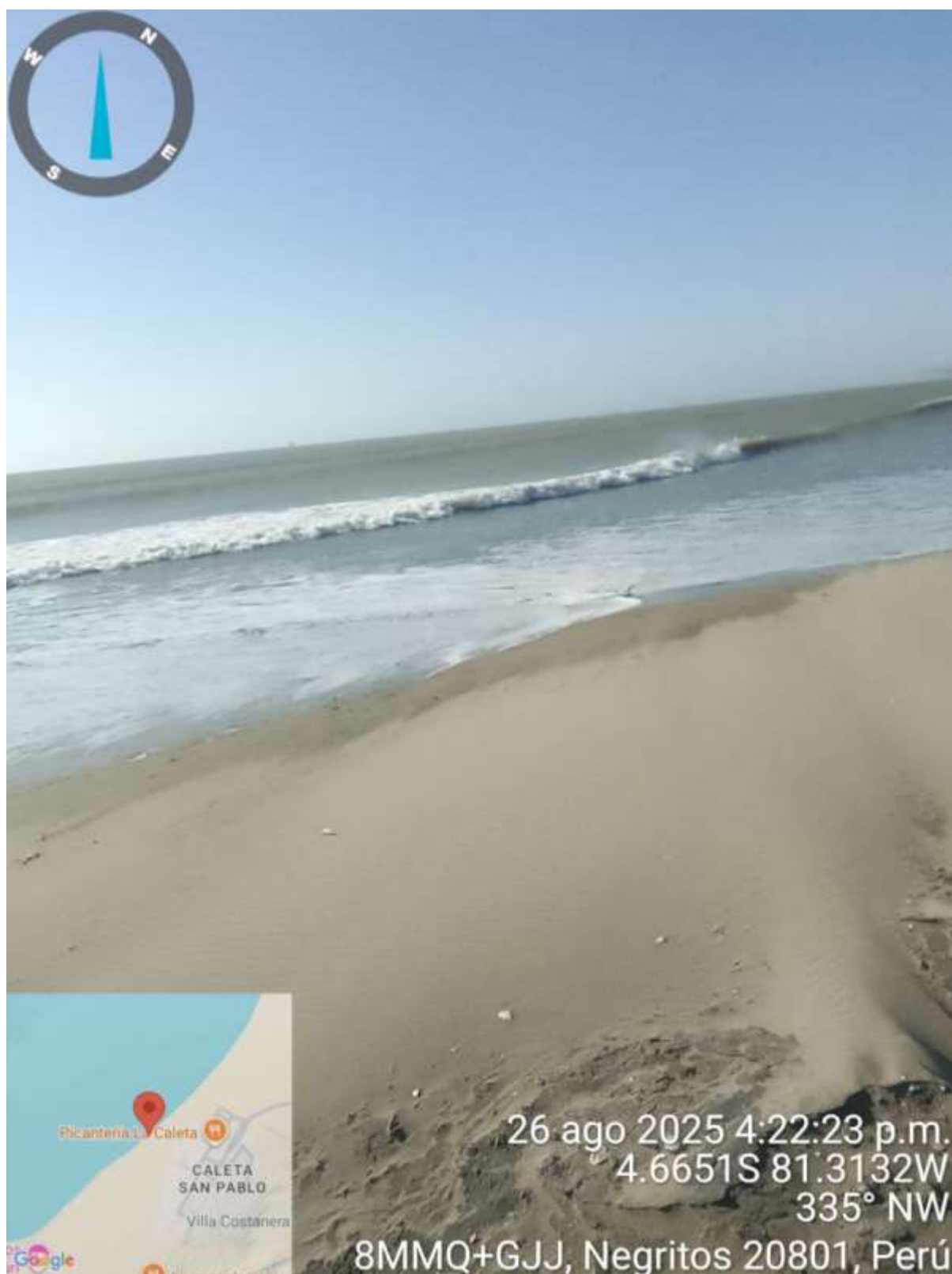


Figura A2.1. Fotografía tomada cerca de la línea costera de Punta Pariñas.



Figura A2.2. Fotografía tomada en la playa de Punta Pariñas con sentido W - E

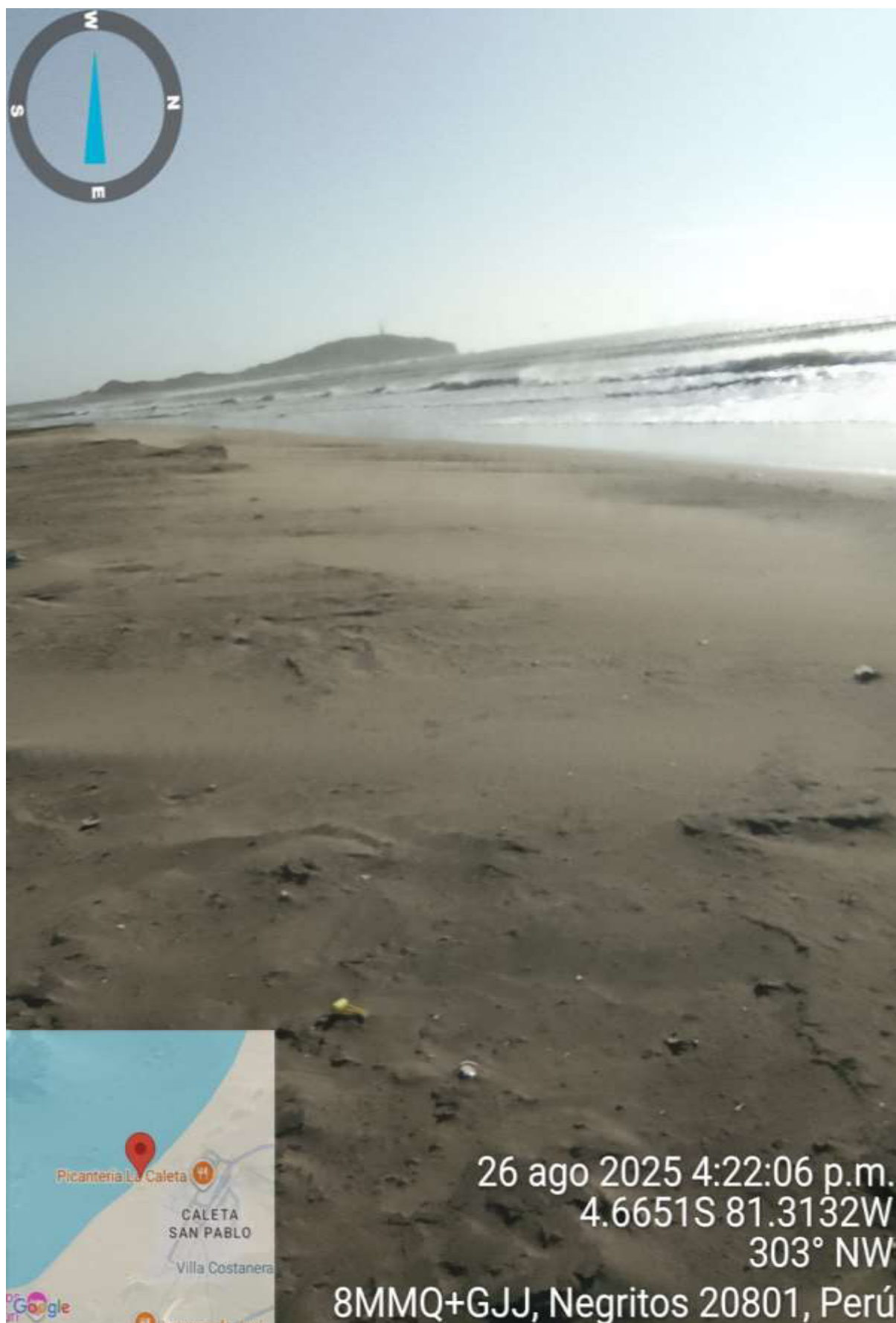


Figura A2.3. Fotografía tomada en la playa de Punta Pariñas con sentido E - W