



## Trabajo Final Integrador

### Generación de superficies batimétrica y de retrodispersión acústica en Bahía Esperanza (Península Antártica).

Autor: TNCIIN Gregorio Ezequiel DÍAZ TORRES.  
Tutor: CCCPIN Mario Lucas CABALLERO.

AÑO 2025

**"Generación de superficies batimétrica y de retrodispersión acústica en Bahía Esperanza (Península Antártica)"**

**ÍNDICE**

Resumen .....	5
Abstract.....	5
1. Introducción.....	6
2. Objetivos.....	7
3. Metodología.....	7
4. Marco Teórico .....	8
5. Marco Geológico .....	9
6. Resultados.....	9
6.1. Superficie batimétrica.....	9
6.2. Superficie de retrodispersión.....	10
6.3. Procesamiento de retrodispersión mediante el algoritmo Weighted Moving Average (WMA).....	11
7. Interpretaciones .....	19
7.1. Caracterización petrológica .....	19
7.2. Estructuras geológicas .....	20
7.3. Geoforma glaciar .....	21
8. Conclusiones.....	22
8.1. Cumplimiento de objetivos y hallazgos principales .....	22
8.2. Implicancias operativas .....	23
8.3. Sugerencias para futuros relevamientos .....	23
9. Bibliografía.....	23

### Índice de Figuras

Figura 1: <i>Configuración base utilizada.</i> .....	13
Figura 2: <i>Superficie obtenida promediando el patrón de haz para todos los días del levantamiento.</i> .....	14
Figura 3: <i>Selección de dos superficies obtenidas generando un patrón de haz de sonido independiente para cada día de levantamiento.</i> .....	14
Figura 4: <i>A la izquierda se observa la superficie generada promediando los patrones de haz de sonido de los días que duró el relevamiento en la zona, mientras que a la derecha se utilizó el patrón de haz con mejor desempeño individual.</i> .....	15
Figura 5: <i>Superficie generada a partir del procesamiento integral de la zona de estudio, utilizando el patrón de haz de sonido correspondiente al 09/01/2025.</i> .....	15
Figura 6: <i>Superficie obtenida a partir de un patrón de haz de sonido promedio para la zona SO-NE.</i> .....	16
Figura 7: <i>Superposición de superficies en un punto para ilustrar la presencia de dos valores de intensidad distintos presentes en cada mosaico.</i> .....	17
Figura 8: <i>Resultado de procesamiento de superficie con aplicación de filtros de intensidades.</i> ..	17
Figura 9: <i>Procesamiento de las líneas de navegación central de la zona de estudio. A la izquierda utilizando la configuración de tipo de imagen series temporales y a la derecha con la configuración a haz de sonido promedio.</i> .....	18
Figura 10: <i>Procesamiento de las líneas de navegación centrales utilizando el patrón de haz de sonido generado para el día 09/01/2025.</i> .....	18
Figura 11: <i>Posibles estructuras detectadas.</i> .....	20
Figura 12: <i>Posibles depósitos morénicos asociados a fases de avance y retroceso glacial.</i> .....	22

### Índice de Mapas

Mapa 1: <i>Zona de estudio.</i> .....	6
Mapa 2: <i>Superficie batimétrica de Bahía Esperanza.</i> .....	10
Mapa 3: <i>Superficie de retrodispersión.</i> .....	11
Mapa 4: <i>Superficie de retrodispersión final mediante el procesamiento del área de estudio, utilizando el algoritmo WMA.</i> .....	19
Mapa 5: <i>Mosaico del IGN superpuesto con la superficie de retrodispersión en visualización de escala de colores.</i> .....	20
Mapa 6: <i>Zona completa donde se detectaron posibles estructuras geológicas.</i> .....	21

### *AGRADECIMIENTOS*

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por su apoyo incondicional, su paciencia y su acompañamiento constante durante todo el período de formación. Su respaldo fue fundamental para la realización de este trabajo.

Agradezco al Servicio de Hidrografía Naval y a la Escuela de Ciencias del Mar por brindarme la oportunidad de realizar el Curso de Especialización en Hidrografía y Oceanografía, así como por facilitar los recursos, la información y el apoyo institucional necesarios para el desarrollo de este Trabajo Final Integrador.

Extiendo mi reconocimiento al Señor Capitán de Corbeta Fernando Cristian Bravo, cuya labor y coordinación durante el relevamiento hidrográfico permitieron la obtención de los datos base utilizados en este estudio. Su conducción y profesionalismo fueron esenciales para llevar adelante el trabajo de campo.

Agradezco especialmente al Señor Capitán de Corbeta Mario Lucas Caballero por aceptar desempeñarse como tutor de este trabajo y por la orientación, el acompañamiento y las indicaciones brindadas durante todo su desarrollo.

Asimismo, deseo agradecer al Suboficial Segundo José Vilca por su dedicación y por las enseñanzas transmitidas en el procesamiento de datos hidrográficos en CARIS, conocimientos que resultaron fundamentales para la elaboración de este estudio.

Finalmente, agradezco al Instituto Geográfico Nacional (IGN) por haber proporcionado el mosaico aerofotogramétrico empleado como complemento en el análisis geomorfológico, insumo que contribuyó significativamente a la interpretación de las geoformas presentes en el área de estudio.

## RESUMEN

La Bahía Esperanza, ubicada en el extremo norte de la Península Antártica, fue relevada mediante ecosonda multihaz (Norbit iWBMS LR) durante la Campaña Antártica de Verano 2024/25, con el objetivo de actualizar la información hidrográfica y reforzar la seguridad de la navegación. A partir de los datos adquiridos se llevó a cabo el procesamiento batimétrico, que incluyó, el procesamiento y la corrección y eliminación de ruido, obteniéndose un Modelo Digital de Elevación (MDE) de alta resolución que representa con precisión la morfología actual de la bahía. Asimismo, se generaron dos mosaicos de retrodispersión acústica o *backscattering* que evidencia variaciones en la rugosidad, dureza y composición del sustrato marino.

La integración de la batimetría y la retrodispersión permitió identificar posibles estructuras geológicas, expresadas como alineamientos y contrastes tonales que sugieren discontinuidades en el sustrato. Asimismo, los datos permitieron diferenciar sectores con distintos tipos de sedimentos, evidenciado por las variaciones en sus características acústicas. Finalmente, se reconocieron posibles depósitos morénicos asociados a antiguos avances y retrocesos glaciares.

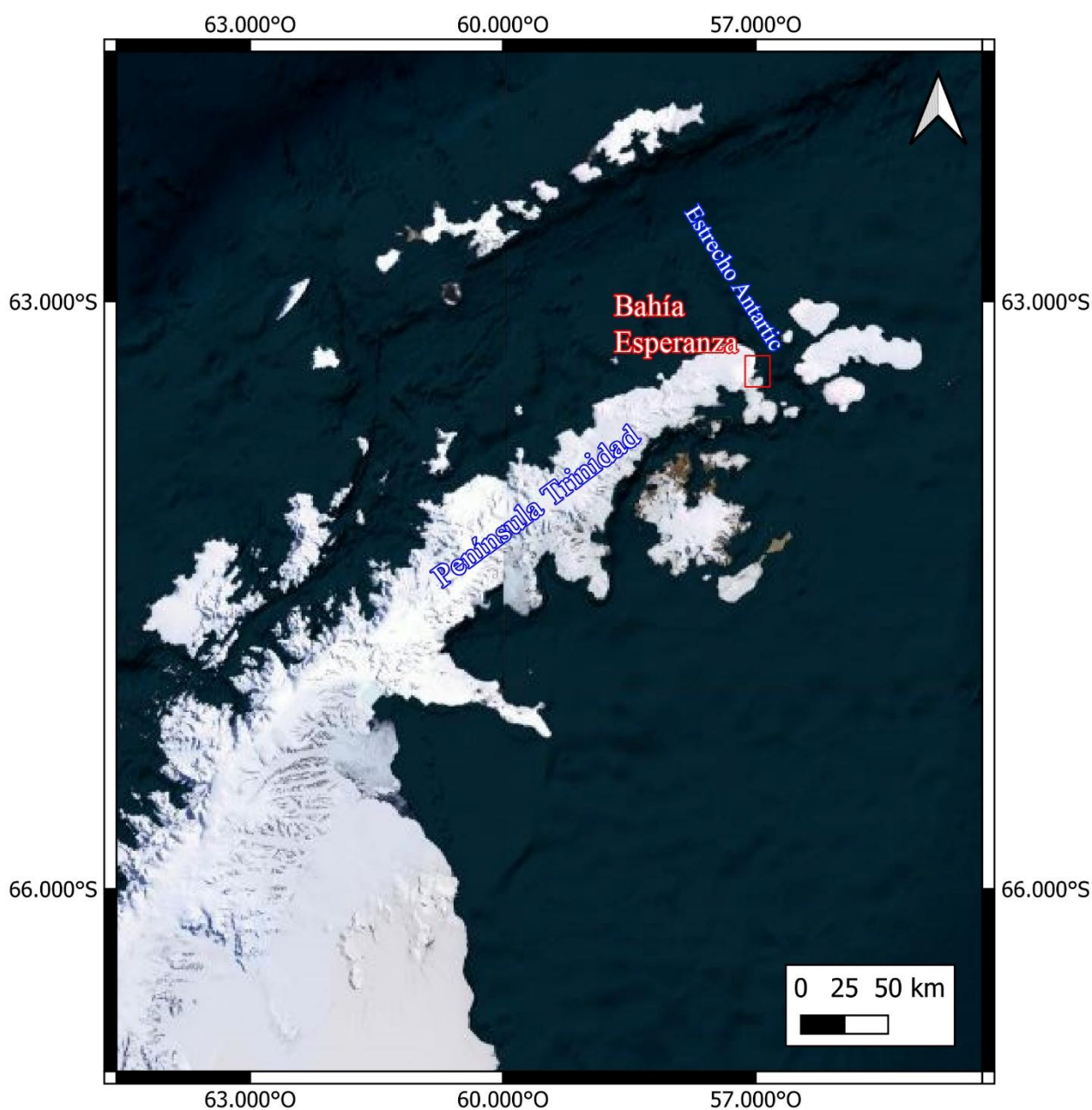
## ABSTRACT

Bahía Esperanza, located at the northern tip of the Antarctic Peninsula, was surveyed using a multibeam echo sounder (Norbit iWBMS LR) during the 2024/25 Antarctic Summer Campaign, with the aim of updating hydrographic information and enhancing navigation safety. Based on the acquired data, a comprehensive bathymetric processing workflow was carried out, which included the processing and noise removal, resulting in a high-resolution Digital Elevation Model (DEM) that accurately represents the current morphology of the bay. Additionally, two acoustic backscatter mosaics were generated, revealing variations in the roughness, hardness, and composition of the seafloor.

The integration of bathymetry and backscatter data allowed the identification of possible geological structures, expressed as alignments and tonal contrasts that suggest discontinuities within the substrate. The dataset also enabled differentiation between areas with distinct sediment types, evidenced by variations in their acoustic characteristics. Finally, potential moraine deposits associated with past glacial advances and retreats were recognized. These products contribute to the update of the nautical chart of Bahía Esperanza and provide essential information to ensure safe navigation and support future scientific research in this sensitive Antarctic region.

## 1. INTRODUCCIÓN

La Bahía Esperanza (**Mapa 1**), situada en el extremo norte de la Península Antártica, constituye un área de gran relevancia estratégica para la actividad logística y científica que desarrolla la Base Conjunta Antártica Esperanza. Las condiciones climáticas extremas, la dinámica de los glaciares, la deriva de témpanos y la compleja batimetría local convierten a esta bahía en una zona que requiere información hidrográfica permanentemente actualizada, con el fin de garantizar la seguridad de la navegación y el correcto planeamiento de maniobras de fondeo, ingreso y abastecimiento.



**Mapa 1:** Zona de estudio.

En este contexto, los relevamientos batimétricos multihaz permiten conocer con alta resolución la morfología del fondo marino y, a su vez, obtener datos de retrodispersión acústica que complementan esta información con detalles sobre las características físicas del sustrato. Tal como destacan autores como Hughes Clarke (2015) y Wu et al. (2021), la combinación de ambos

tipos de datos fortalece la capacidad de clasificar el lecho marino y delimitar áreas de interés para estudios geológicos, sedimentológicos y de hábitats bentónicos.

En este trabajo se describe el proceso de creación de una superficie de retrodispersión, a partir de un relevamiento batimétrico multihaz realizado por el Departamento Campañas del Servicio de Hidrografía Naval durante la Campaña Antártica de Verano 2024/25. La integración de la superficie batimétrica y la superficie de retrodispersión tiene como objetivo contribuir a la actualización cartográfica y a la ampliación del conocimiento de la Bahía Esperanza, aportando herramientas que refuercen la seguridad y eficiencia de las operaciones náuticas en esta región sensible.

## 2. OBJETIVOS

- Generar una superficie batimétrica de alta resolución a partir de los datos adquiridos con el sistema ecosonda multihaz Norbit iWBMS LR en la Bahía Esperanza, aplicando los procesos de corrección y limpieza necesarios para garantizar su calidad y continuidad.
- Confeccionar una superficie de retrodispersión acústica para la Bahía Esperanza, utilizando el algoritmo HIPS Backscatter integrado en CARIS HIPS and SIPS, con el fin de caracterizar las propiedades del fondo marino.
- Analizar detalladamente la superficie de retrodispersión acústica obtenida para la Bahía Esperanza, con el propósito de identificar variaciones en la intensidad del fondo marino que permitan diferenciar sectores con cambios en su composición o textura. Este objetivo busca reconocer patrones acústicos que indiquen transiciones entre sustratos rocosos y sedimentarios, así como posibles rasgos asociados a procesos geológicos o depósitos recientes, aportando información que complemente la interpretación batimétrica y contribuya a una caracterización más precisa del fondo marino.

## 3. METODOLOGÍA

El procesamiento se llevó a cabo a partir de la información recibida por parte del Departamento Campañas y el Departamento Oceanografía del Servicio de Hidrografía Naval, quienes suministraron:

- Los archivos crudos del relevamiento batimétrico registrado con ecosonda multihaz Norbit iWBMS LR, operando a frecuencias de 400 kHz y 200 kHz en modo Long Range.
- Los perfiles de velocidad de sonido en la columna de agua, obtenidos con equipos AML SVP AML-3LGR y AML SVT Xchange, fundamentales para corregir la refracción acústica.
- Los *offset* del arreglo de la ecosonda, configurados con el soporte PORTUS Pole Mount MK 3.1, asegurando la correcta referenciación de la posición y orientación del transductor.
- Los datos de marea, obtenidos mediante un mareógrafo fondeable RBR DUO 3, instalado y monitoreado durante la campaña para aportar información de corrección vertical de los datos.

La plataforma de adquisición consistió en botes neumáticos BIM 53 “Valentina” y MK5, equipados con sistema GNSS TRIMBLE 540 AP, sistema de referencia y movimiento POS MV

Applanix Wavemaster II, notebook Getac X600 Pro para integración y control, y software NORBIT WBMS GUI, NORBIT DCT, MV-POSView y AML SAILFISH para adquisición y gestión de datos.

En primer lugar, se verificó que todos los archivos tuvieran un formato compatible con el software CARIS HIPS and SIPS, herramienta empleada para el procesamiento, limpieza y generación de productos hidrográficos. El procesamiento de la batimetría se centró en la correcta georreferenciación de las líneas de navegación y en la eliminación de ruido presente en el relevamiento, garantizando la obtención de una superficie batimétrica limpia y continua.

Una vez validada la calidad de los datos batimétricos, se confeccionó la superficie de retrodispersión utilizando el algoritmo HIPS *Backscatter* integrado en CARIS HIPS and SIPS. Este algoritmo aplica un método simplificado para extraer la intensidad de retrodispersión de cada haz y producir un mosaico de reflectividad. Finalmente se realizó el procesamiento de la superficie mediante el algoritmo *Weighted Moving Average (WMA)*, que permite una mayor interacción con los parámetros de corrección.

#### 4. MARCO TEÓRICO

La cartografía del fondo marino se ha consolidado como una herramienta esencial para la navegación segura, la planificación de operaciones marítimas y el conocimiento de los procesos geológicos y oceanográficos que modelan los ambientes costeros y profundos. Zonas como Bahía Esperanza, en la Península Antártica, requieren relevamientos periódicos debido a su dinámica glaciomarina, la presencia de témpanos y la necesidad de brindar soporte logístico a bases permanentes. Disponer de información batimétrica y acústica actualizada permite reducir riesgos operativos y optimizar la toma de decisiones.

Los sistemas de ecosonda multihaz (Multibeam Echo Sounders, MBES) representan hoy el estándar para la adquisición de datos batimétricos de alta resolución. Estos equipos, como destacan Mitchell y Hughes Clarke (1994), emiten múltiples haces acústicos que barren el fondo de forma transversal, capturando puntos de profundidad con gran densidad y precisión. La integración de estos sistemas con receptores GNSS y sensores de movimiento permite corregir la influencia del cabeceo, rolido y guiñada, asegurando una representación fidedigna del lecho marino.

El procesamiento de datos batimétricos involucra la aplicación de correcciones por refracción acústica en la columna de agua, utilizando perfiles de velocidad del sonido (SVP), así como ajustes por la variación mareográfica. Se debe destacar la relevancia de planificar adecuadamente la adquisición de SVP y de verificar la calibración de los offset del sistema para minimizar la presencia de ruido en la superficie final. El resultado es una superficie batimétrica continua, insumo clave para la elaboración de cartas náuticas, la actualización de infraestructura portuaria y el estudio de rasgos geomorfológicos.

Además de la profundidad, los MBES generan un segundo producto: la retrodispersión acústica, que se refiere a la fracción de la señal acústica que, tras impactar el fondo marino, regresa al transductor. Esta magnitud depende de la rugosidad, dureza, composición y estructura interna del sustrato. Según Hughes Clarke (2015), la correcta reducción radiométrica y geométrica de la intensidad de retrodispersión permite derivar su variación angular, clave para la clasificación de tipos de fondo y para distinguir sedimentos blandos de superficies consolidadas o rocosas.

Wu et al. (2021) enfatizan que la retrodispersión multihaz es fundamental para caracterizar las propiedades acústicas del lecho marino y delimitar zonas con diferentes tipos de sustrato.

## 5. MARCO GEOLÓGICO

La secuencia estratigráfica de Bahía Esperanza está integrada por tres grandes unidades que reflejan distintos ambientes y eventos tectónicos. La más antigua es la Formación Hope Bay (Grupo Trinity Peninsula, Permo-Triásico), definida por Hyden y Tanner (1981), con un espesor de unos 1400 m (Montes et al., 2005). Está compuesta por areniscas y lutitas depositadas en una plataforma siliciclástica somera influenciada por tormentas y mareas (Heredia et al., 2004; Del Valle et al., 2007). Presenta tres miembros: Caleta Cabaña, con alternancia de areniscas y lutitas oscuras; Puerto Moro, con ritmitas y estructuras sedimentarias como óndulas; y Colinas SCAR, dominado por areniscas gruesas con bioturbación y restos vegetales.

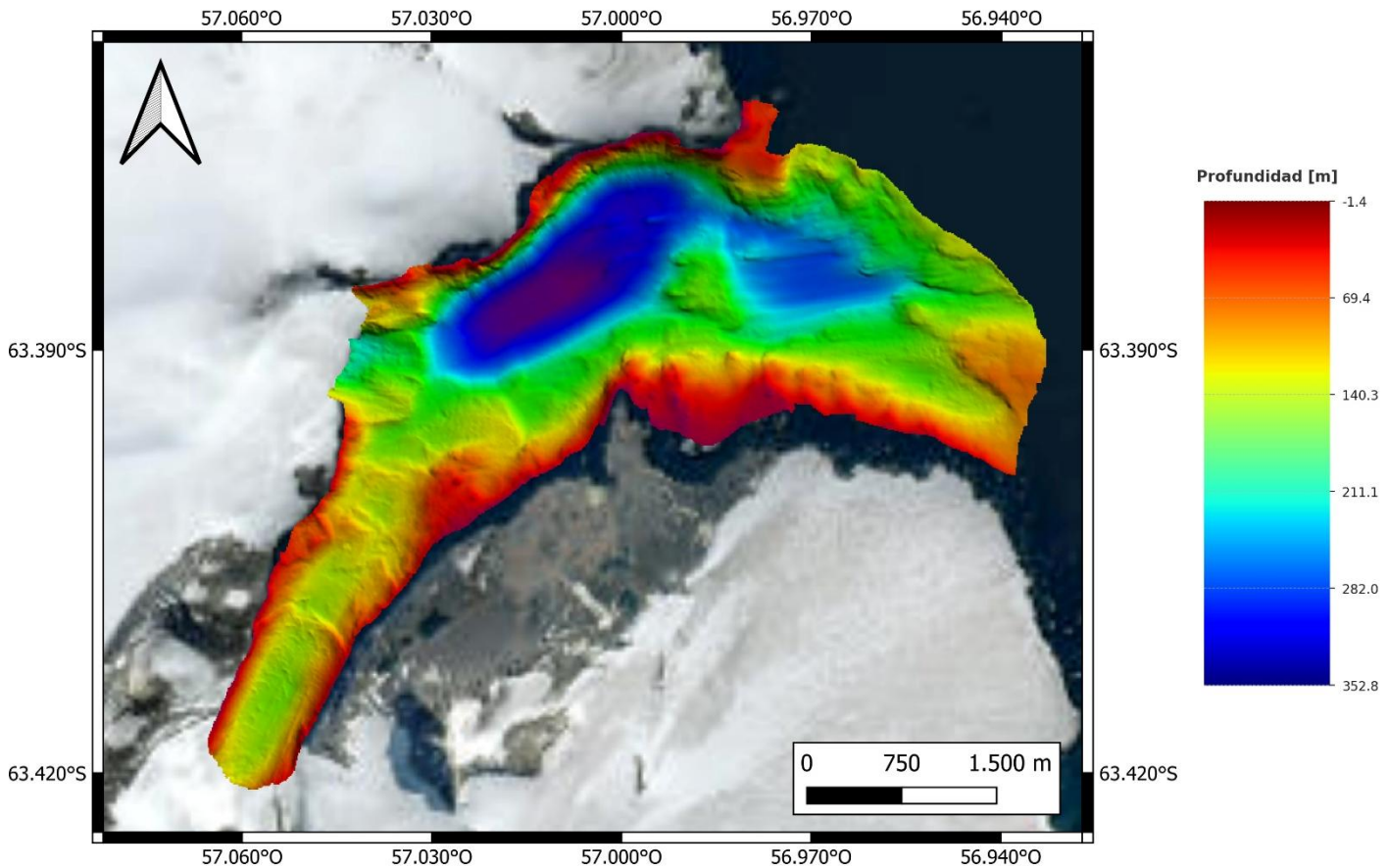
Sobre ella se apoya en discordancia angular la Formación Mount Flora (Grupo Botany Bay, Jurásico Inferior), de 367 m de espesor (Montes et al., 2005), formada por conglomerados y areniscas con intercalaciones piroclásticas. Representa un abanico aluvial retrogradante y contiene una flora fósil diversa (37 especies de helechos, cícadas y coníferas; Rees y Cleal, 2004). Una discordancia erosiva con leve angularidad la separa de las rocas volcánicas suprayacentes.

La unidad más joven es la Formación Kenney Glacier (Grupo Volcánico Antarctic Peninsula, Jurásico Medio), que consiste en tobas, brechas, ignimbritas y areniscas volcánicas asociadas a un arco magmático desarrollado por subducción en el margen pacífico de Gondwana (Montes et al., 2005). En las cercanías del Fortín Sargento Cabral, afloran principalmente rocas de la Formación Hope Bay, mientras que hacia el interior se observan afloramientos de las Formaciones Mount Flora y Kenney Glacier que conforman las elevaciones del Monte Flora y alrededores (Montes et al., 2005).

## 6. RESULTADOS

### 6.1. SUPERFICIE BATIMÉTRICA

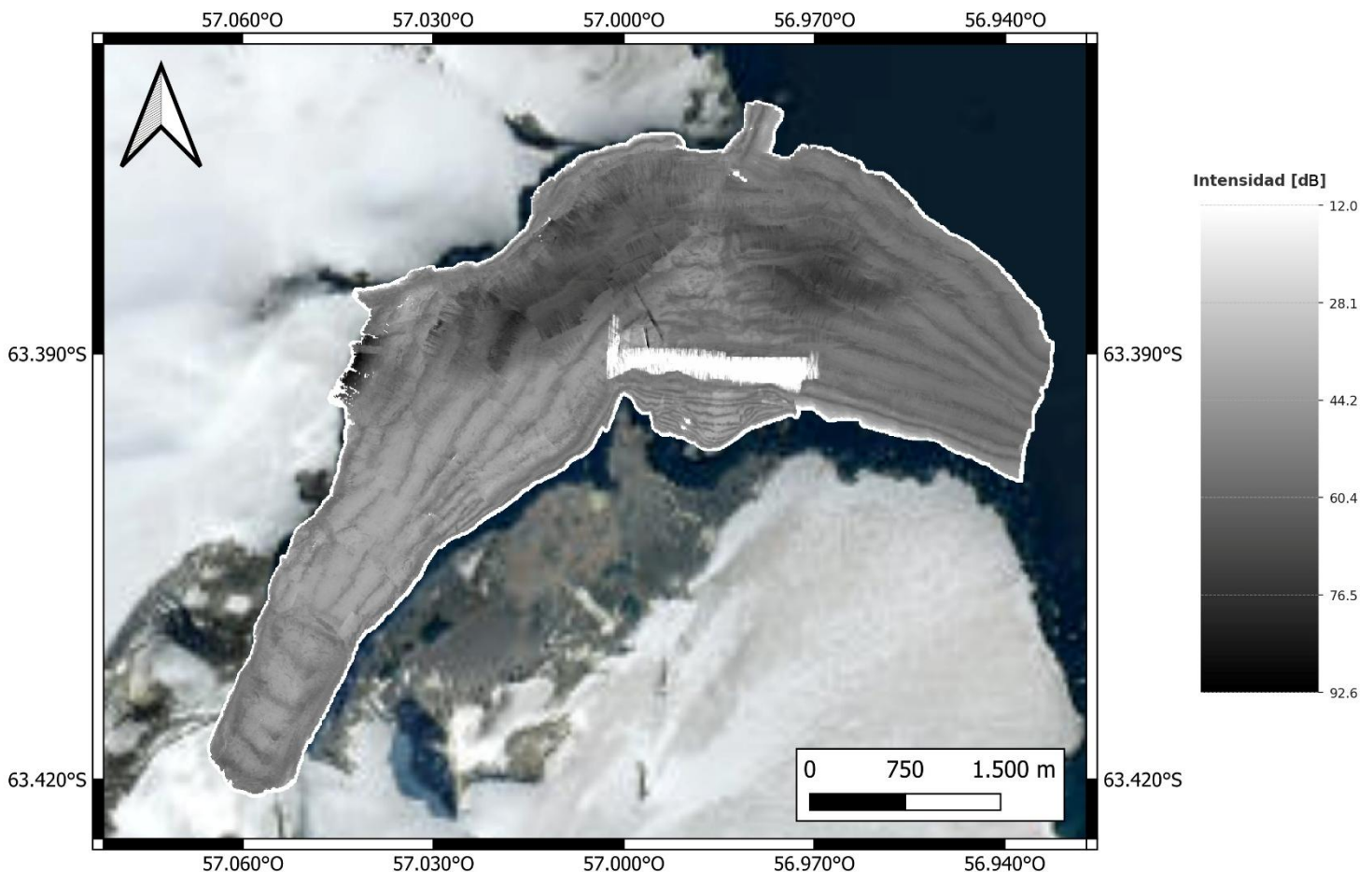
El procesamiento de los datos de ecosonda multihaz adquiridos con el sistema Norbit iWBMS LR durante la Campaña Antártica de Verano 2024/25 en Bahía Esperanza permitió la generación de una superficie batimétrica de alta resolución (**Mapa 2**). Tras aplicar las correcciones necesarias y un riguroso proceso de eliminación de ruido, se obtuvo un MDE del fondo marino que refleja con precisión su morfología actual. Esta superficie presenta una cobertura completa del área de estudio, destacando las variaciones batimétricas y geomorfológicas presentes en la bahía, proporcionando una base de datos fundamental para la actualización de la cartografía náutica y la planificación de actividades en la zona.



**Mapa 2:** Superficie batimétrica de Bahía Esperanza.

## 6.2. SUPERFICIE DE RETRODISPERSIÓN

Complementando la batimetría, se generó la superficie de retrodispersión acústica a partir de los mismos datos multihaz, utilizando el algoritmo HIPS Backscatter integrado en CARIS HIPS and SIPS (**Mapa 3**). Este proceso permitió la obtención de un mosaico de reflectividad que visualiza la variabilidad en la intensidad de la señal acústica retornada desde el fondo marino. La superficie de retrodispersión resultante es una herramienta clave para la caracterización de las propiedades acústicas del lecho, revelando diferencias en la rugosidad, dureza y composición del sustrato a lo largo de Bahía Esperanza. Este mosaico permite identificar patrones y anomalías que son indicativos de distintos tipos de fondo, aportando información valiosa para una clasificación detallada del lecho marino.



**Mapa 3:** Superficie de retrodispersión.

### 6.3 PROCESAMIENTO DE RETRODISPERSIÓN MEDIANTE EL ALGORITMO WEIGHTED MOVING AVERAGE (WMA)

El algoritmo WMA implementa un enfoque basado en área que supera las limitaciones de los métodos tradicionales línea por línea. En lugar de procesar secuencialmente las líneas de navegación, considera todas las observaciones dentro de un radio de búsqueda específico, permitiendo una corrección más uniforme y precisa de la dependencia angular.

Pasos del Procesamiento:

#### 1. Correcciones de Bajo Nivel

- Corrección TVG (Time-Varying Gain): Optimiza el rango dinámico y compensa las pérdidas de transmisión que aumentan con el rango. El algoritmo remueve la TVG específica del sonar aplicada durante la adquisición y la reemplaza con una corrección de pérdidas de transmisión basada en la absorción local real.
- Corrección por Ganancias Tx/Rx: Compensa pequeñas variaciones en las configuraciones de adquisición que pueden ser aplicadas automáticamente por el sistema de sonar.

- Corrección por Área Ensonificada: Normaliza por el área ensonificada por el haz en el momento de detección del fondo, considerando la intersección de la huella combinado de transmisión/recepción con la huella del pulso en el fondo.

## 2. Normalización de Intensidades

La intensidad corregida por área ensonificada se normaliza por su proyección en un plano perpendicular al vector del haz, limitando el efecto de varios ángulos de incidencia sobre diferentes tipos de fondo.

## 3. Corrección de Patrón de Haz (Beam Pattern)

El algoritmo Area-based AVG implementa una corrección angular avanzada que considera todas las observaciones dentro del radio de búsqueda, no solo las de líneas adyacentes. Este método:

- Calcula el promedio de intensidad de las observaciones en una ventana 3x3
- Determina la diferencia entre este promedio y la intensidad de la observación de interés
- Si la diferencia supera un umbral, reemplaza la intensidad con el promedio de las observaciones adyacentes

## 4. Parámetros Operacionales Recomendados

- Temperatura de absorción local: 8°C
- Salinidad de absorción local: 35 psu
- Rango de ángulos de normalización: 30-60° (estándar) o 16-37° (swaths estrechos)
- Radio de búsqueda: Resolución × multiplicador de radio de búsqueda

Ventajas del Método WMA:

- Produce bordes más nítidos en las imágenes resultantes
- Reduce artefactos en áreas de líneas superpuestas
- Mejor manejo de propiedades cambiantes del fondo marino
- Mayor consistencia en la normalización angular

En primera instancia, se procesaron conjuntamente todas las líneas de navegación disponibles, seleccionando como tipo de imagen *Beam Average* y aplicando la corrección por modo de adquisición. Se generó un patrón de haz único para toda la superficie, con un rango de normalización promedio comprendido entre 30° y 60° (**Figura 1**).

New SIPS Mosaic

Input

Source: 10012025 Track Lines

Options

Resolution:  Automatic

Mosaic Engine: SIPS Backscatter (WMA with Area based AVG)

57K/PDS

Use compensated data (7058):

Options

Search Radius: Search Radius from Footprint  Search Radius Multiplier: 1.000000

Imagery Type: Beam Average

Local Absorption: Local Absorption Temperature: 8.000000

Imagery Correction

Beam Pattern File:  proyecto/SINGLE BEAM PATTERN/09012025.bbp

Beam Pattern File Operation: Update

Correct for Acquisition Mode:

Angle-Varying Gain:

AVG Normalization Range: Min Angle: 30.00 deg, Max Angle: 60.00 deg

Updating Size:  m

Chunk Size Multiplier:  5.000000

Output

Extent:  498652.32 2971838.64 502176.22 2969744.44 m

Fixed extent

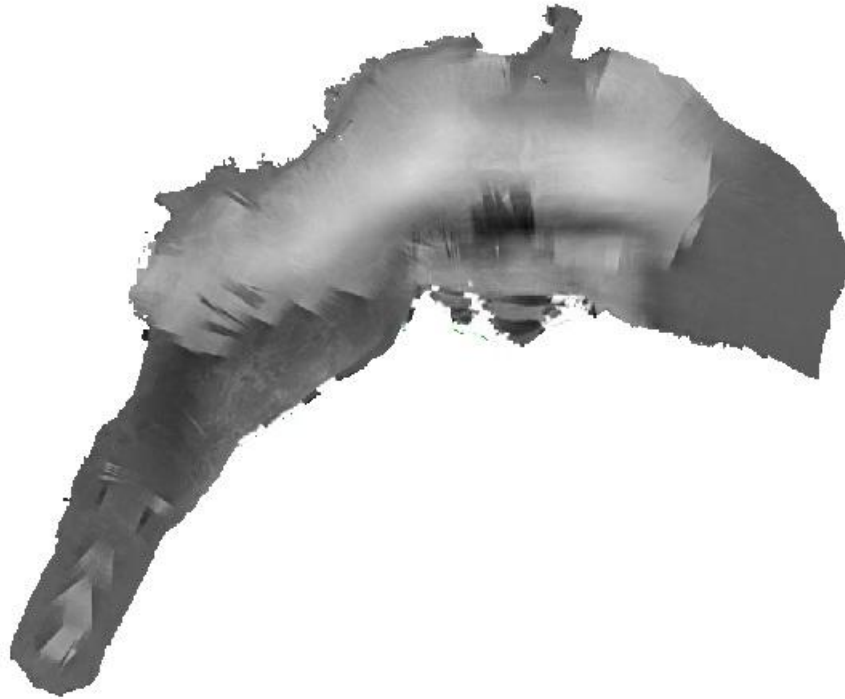
Output Coordinate Reference System: WGS 84 / UTM zone 21S [WG84] EPSG:32721

Output File: [Empty field]

OK Cancel Help

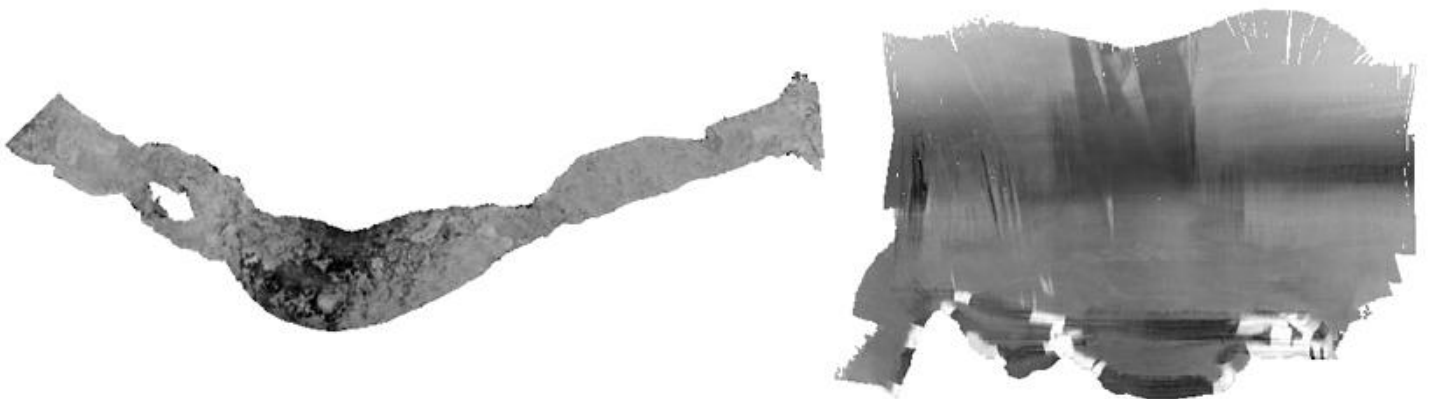
**Figura 1:** Configuración base utilizada.

El resultado presentó una resolución superior respecto al mosaico inicial generado con el algoritmo básico de retrodispersión, aunque persistieron sectores con variaciones tonales abruptas que evidenciaban diferencias de intensidad no corregidas entre pasadas contiguas (**Figura 2**).



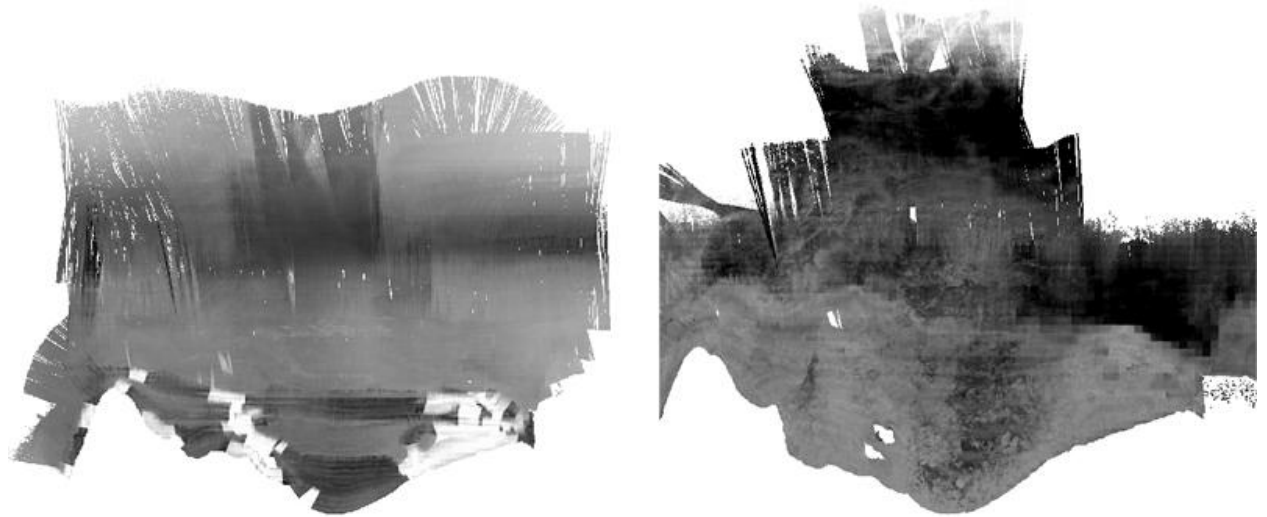
**Figura 2:** *Superficie obtenida promediando el patrón de haz para todos los días del levantamiento.*

Posteriormente, se repitió la operación de manera independiente para cada día de relevamiento. En varios casos, las superficies obtenidas individualmente mostraron una calidad y resolución notoriamente superior a la superficie general (**Figura 3**).



**Figura 3:** *Selección de dos superficies obtenidas generando un patrón de haz de sonido independiente para cada día de levantamiento.*

Seguidamente, se probó la combinación de conjuntos sucesivos de días de navegación. En una primera instancia se aplicó un patrón de haz promedio, pero la resolución resultante fue inferior, con pérdida de contraste y definición. Luego, se realizó nuevamente el procesamiento conjunto, pero utilizando el patrón de haz correspondiente al día con mejor desempeño individual. Esta estrategia mejoró significativamente la resolución del área común, homogenizando la textura del mosaico sin generar discontinuidades visibles (**Figura 4**).



**Figura 4:** A la izquierda se observa la superficie generada promediando los patrones de haz de sonido de los días que duró el relevamiento en la zona, mientras que a la derecha se utilizó el patrón de haz con mejor desempeño individual.

A partir de estos resultados, se reprocesaron todas las líneas de navegación empleando el patrón de haz del día 09/01/2025, obteniéndose una mejora considerable en la resolución general. No obstante, se registró un deterioro en la representación total de la superficie (**Figura 5**).



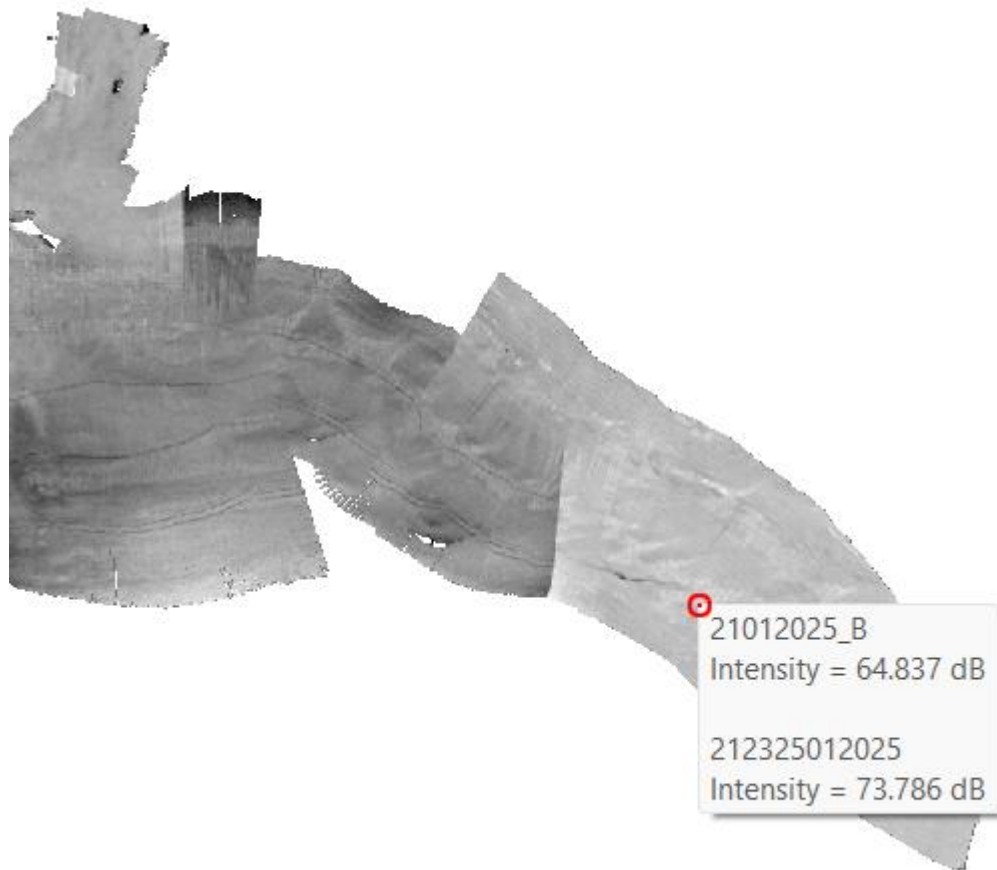
**Figura 5:** Superficie generada a partir del procesamiento integral de la zona de estudio, utilizando el patrón de haz de sonido correspondiente al 09/01/2025.

En una etapa posterior se abordó el procesamiento del sector que va desde el suroeste hasta el noreste de la Bahía Esperanza. Tras realizar diversas pruebas individuales y combinadas, se determinó que el enfoque más adecuado fue utilizar un patrón de haz de sonido promedio. Esta configuración permitió lograr una superficie continua, sin variaciones tonales abruptas y con una resolución suficiente para su posterior análisis interpretativo (**Figura 6**).



**Figura 6:** Superficie obtenida a partir de un patrón de haz de sonido promedio para la zona SO-NE.

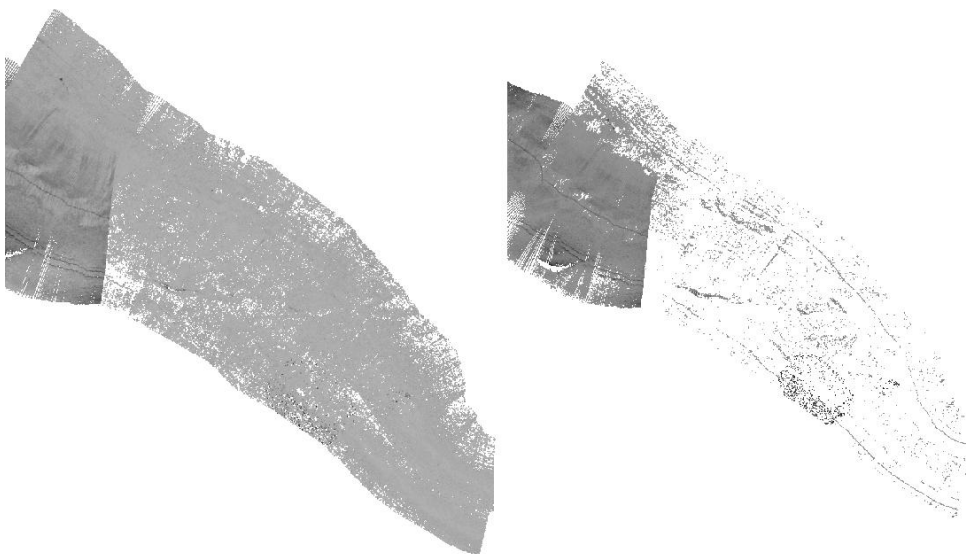
En este punto se comenzó a probar resolver el ruido presente en la superficie mediante filtrado al generar el mosaico. Se tomó como referencia al sector noreste de la superficie, donde se puede observar comparando dos superficies que, en esa zona, coexisten dos sets de datos, en la superficie general los valores son más altos que en la superficie individual (**Figura 7**).



**Figura 7:** *Superposición de superficies en un punto para ilustrar la presencia de dos valores de intensidad distintos presentes en cada mosaico.*

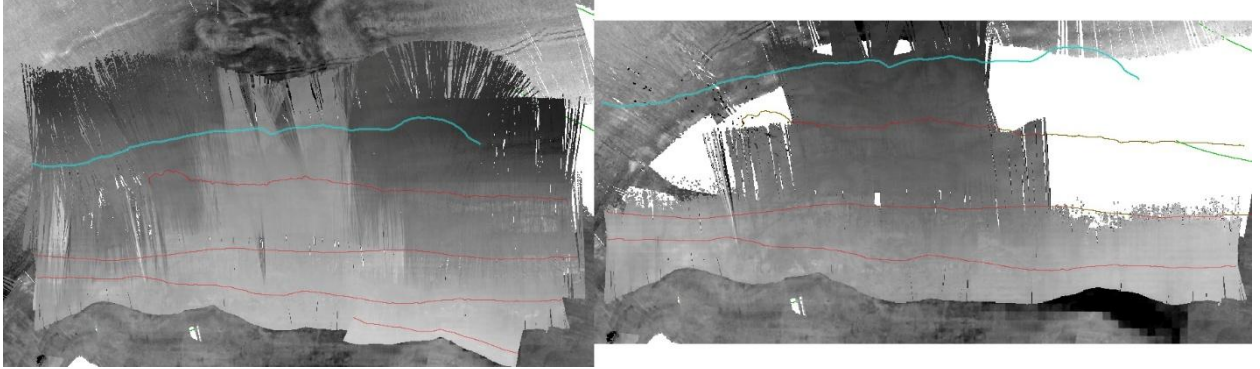
Se probaron dos configuraciones (**Figura 8**):

- **Mínimo -100 dB / Máximo 70 dB**, que resultó en una sobre atenuación general de la superficie.
- **Mínimo 41 dB / Máximo 65 dB**, que resultó en la obliteración de la superficie.



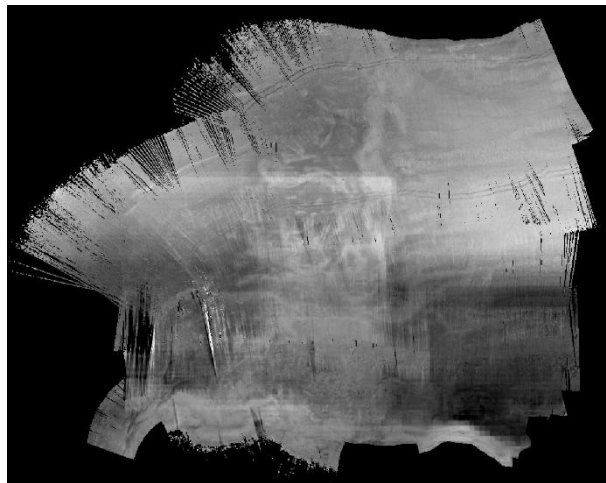
**Figura 8:** *Resultado de procesamiento de superficie con aplicación de filtros de intensidades.*

Posteriormente se probaron configuraciones del algoritmo para mejorar la resolución de la zona central del área de estudio. Para ello, se creó un nuevo patrón de haz de sonido y se aplicaron distintos tipos de procesamiento. En una primera prueba se modificó el tipo de imagen a *Series Temporales*, aunque no se registraron mejoras significativas en la calidad ni en la continuidad del mosaico (**Figura 9**).



**Figura 9:** *Procesamiento de las líneas de navegación central de la zona de estudio. A la izquierda utilizando la configuración de tipo de imagen series temporales y a la derecha con la configuración a haz de sonido promedio.*

Finalmente, las mismas líneas fueron reprocesadas utilizando el patrón de haz de sonido generado para el día 09/01/2025, obteniéndose una mejora en la definición local y en la coherencia tonal de determinados sectores, particularmente en los tramos centrales del relevamiento (**Figura 10**).



**Figura 10:** *Procesamiento de las líneas de navegación centrales utilizando el patrón de haz de sonido generado para el día 09/01/2025.*

Para la generación de la superficie final, se utilizaron los mejores mosaicos obtenidos hasta esta instancia y se unificaron los rangos de decibelios que representan las tonalidades de retorno de la señal acústica (**Mapa 4**).

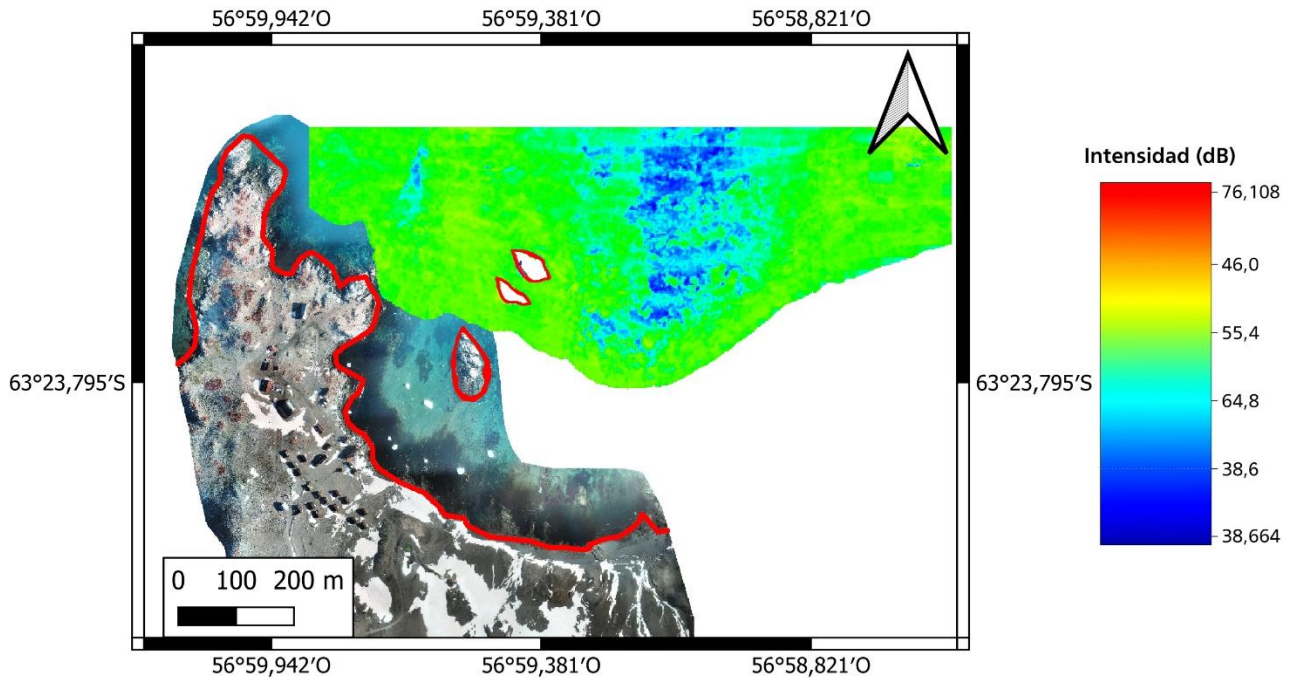


**Mapa 4:** Superficie de retrodispersión final mediante el procesamiento del área de estudio, utilizando el algoritmo WMA.

## 6. INTERPRETACIONES

### 6.1. CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA

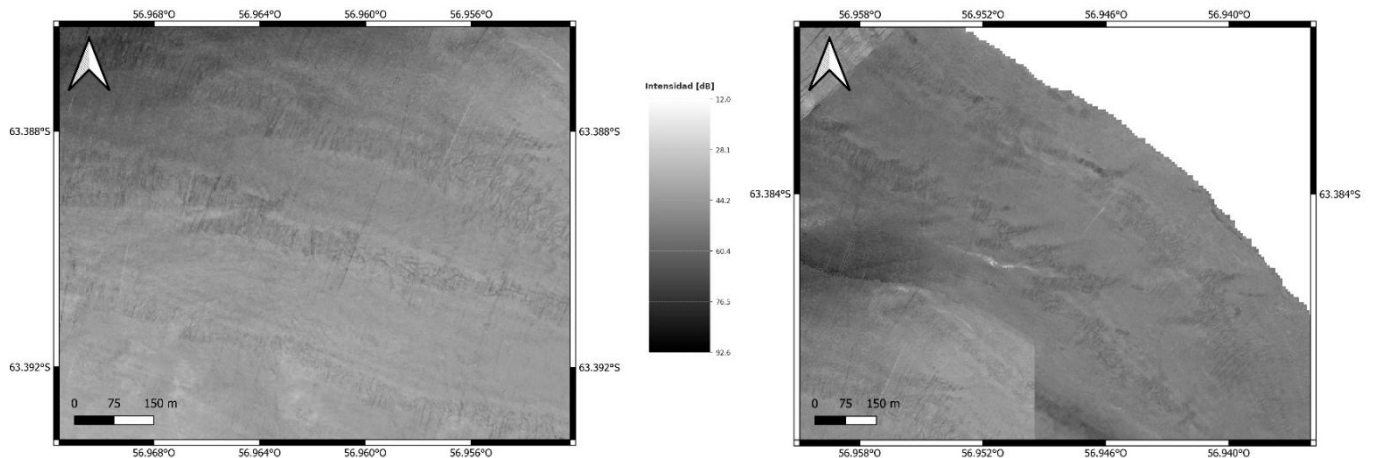
Al aplicar la visualización en decibelios con una escala de colores, se advierte que la mayor parte del área presenta tonalidades verdes, asociadas a intensidades intermedias que podrían corresponder a la roca aflorante identificada en el mosaico proporcionado por el IGN a partir de un relevamiento aerofotogramétrico con dron (**Mapa 5**). En contraste, los sectores en tonos azules muestran intensidades bajas, indicativas de materiales con mayor absorción de energía, mientras que las zonas amarillas podrían vincularse con materiales más reflectivos.



**Mapa 5:** Mosaico del IGN superpuesto con la superficie de retrodispersión en visualización de escala de colores.

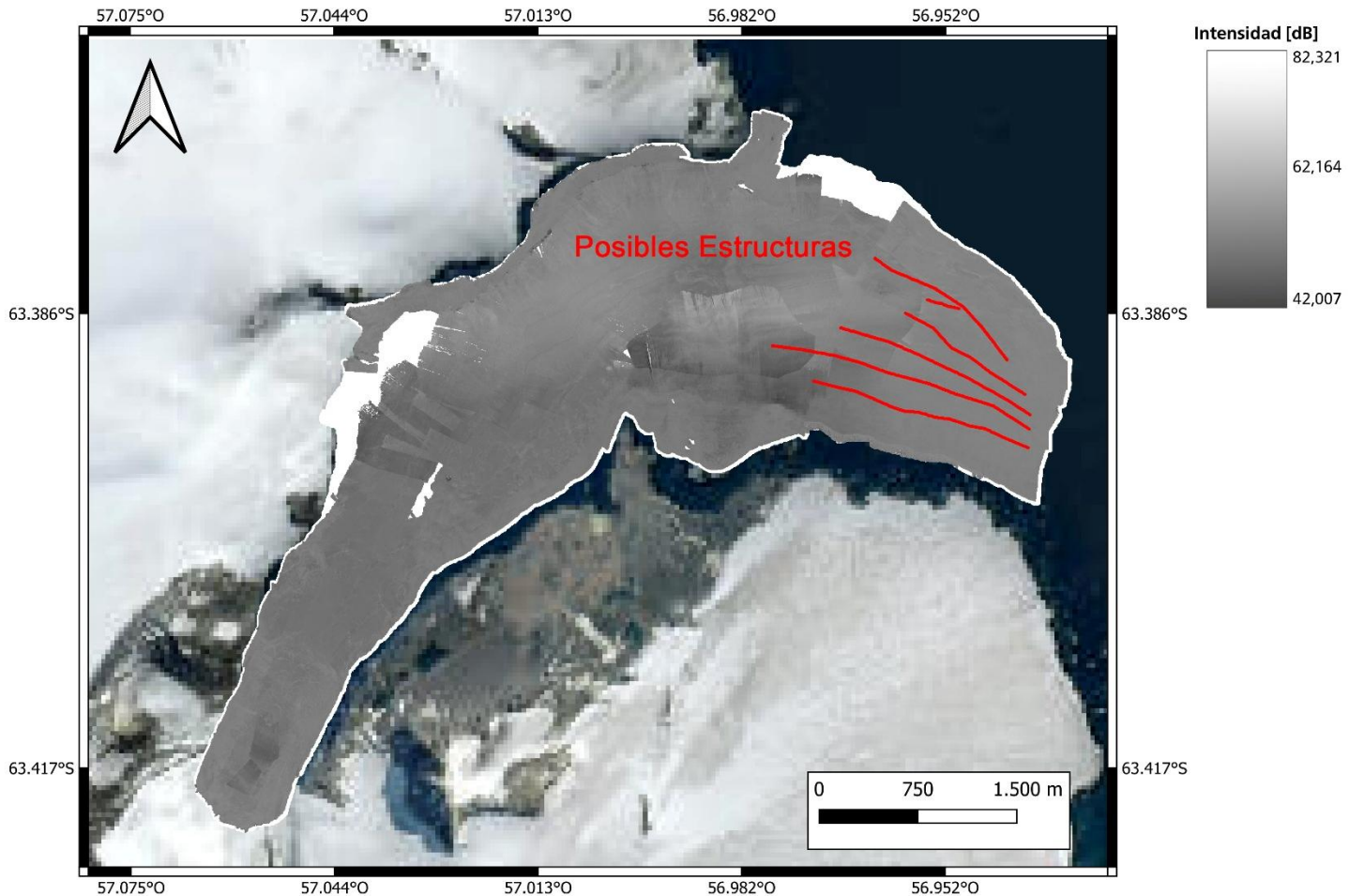
## 6.2. ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS

La generación de la superficie de backscattering permitió identificar una serie de posibles estructuras lineales y curvilíneas que se disponen preferentemente con orientación NE-SO y E-O, visibles como contrastes tonales en el modelo de intensidad acústica (**Figura 11**). No se descarta que pueda tratarse de ruido.



**Figura 11:** Posibles estructuras detectadas.

Algunas de estas alineaciones presentan continuidad lateral y morfología subparalela, lo que sugiere que podrían corresponder a fallas o fracturas afectando el basamento somero. No obstante, esta interpretación debe considerarse preliminar, ya que la identificación precisa de su naturaleza estructural requiere la aplicación de técnicas sísmicas como el de un perfilador de subfondo que permitan verificar la existencia de planos de discontinuidad y su extensión en profundidad (**Mapa 6**).



**Mapa 6:** Zona completa donde se detectaron posibles estructuras geológicas.

### 6.3. GEOFORMA GLACIAR

La presencia de acumulaciones sedimentarias en el fondo del sector suroeste de la zona de estudio (**Figura 12**) podría corresponder a depósitos generados durante posiciones sucesivas de avance y retroceso glaciar, compatibles con la formación de morenas.



**Figura 12:** Posibles depósitos morénicos asociados a fases de avance y retroceso glaciar.

## 7. CONCLUSIONES

### 7.1. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS Y HALLAZGOS PRINCIPALES

La generación de una superficie batimétrica de alta resolución junto con el mosaico de retrodispersión acústica en Bahía Esperanza ha proporcionado una representación detallada y actualizada del lecho marino en esta zona estratégica de la Península Antártica. Los objetivos del trabajo fueron alcanzados al integrar ambos conjuntos de datos en productos consistentes, lo que facilitó la visualización conjunta de la topografía submarina y las propiedades acústicas del fondo.

Se identificaron variaciones geomorfológicas significativas, reconociéndose rasgos como posibles morenas sumergidas que evidencian posiciones históricas de la masa glaciar, a la vez que se confirmó la heterogeneidad del sustrato a través de contrastes en la intensidad de retrodispersión (indicativos de zonas de fondo rocoso frente a sedimentos más blandos).

## 7.2. IMPLICANCIAS OPERATIVAS

La información obtenida posee un impacto directo en la seguridad náutica y las operaciones logísticas de la Base Antártica Esperanza. La nueva batimetría de alta resolución es fundamental para actualizar la cartografía náutica de la bahía, mejorando la confiabilidad de los datos de profundidad y permitiendo optimizar la planificación de rutas de ingreso y maniobras de fondeo (anclaje) en áreas seguras. Del mismo modo, el mosaico de retrodispersión aporta conocimiento sobre la distribución y naturaleza del fondo marino: identificar zonas de sustrato consolidado frente a áreas de sedimento blando es valioso para evaluar sitios propicios al arraigo de anclas, la instalación de equipos submarinos y para la gestión ambiental. En conjunto, estos resultados refuerzan la eficiencia y seguridad de las operaciones marítimas en Bahía Esperanza, minimizando riesgos asociados a incertidumbre o desconocimiento de las características del fondo.

## 7.3. SUGERENCIAS PARA FUTUROS RELEVAMIENTOS

Futuros relevamientos hidrográficos en Bahía Esperanza podrían incorporar instrumentos de prospección sísmica, tales como perfiladores de subfondo, en aquellas zonas donde se identificaron posibles estructuras geológicas, con el fin de verificar la continuidad y la naturaleza de dichas discontinuidades en profundidad.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Hughes Clarke, J. E. (2015). *Multispectral acoustic backscatter from multibeam, improved classification potential*. In *U.S. Hydrographic Conference* (pp. 1–11). National Harbor, Maryland, USA.

Mitchell, N. C., & Hughes Clarke, J. E. (1994). Classification of seafloor geology using multibeam bathymetric and backscatter data. *Continental Shelf Research*, 14(7–8), 805–822. [https://doi.org/10.1016/0278-4343\(94\)90039-6](https://doi.org/10.1016/0278-4343(94)90039-6)

Wu, Z., Li, Y., Wong, L. J., Wu, Y., Xu, Q., & Lin, Z. (2021). Using multibeam backscatter strength to analyze the distribution of manganese nodules: A case study of seamounts in the Western Pacific Ocean. *Applied Acoustics*, 173, 107729. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2020.107729>

Del Valle, R. A., Heredia, N., Montes, M., Nozal, F., y Martín-Serrano, Á. (2007). El Grupo Trinity Peninsula en la Península Tabarin, extremo norte de la Península Antártica. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62(4), 498-505.

Heredia, N., Nozal, F., y del Valle, R. A. (2004). Evolución gondwánica de la Península Tabarin (Península Antártica). 5° Simposio Argentino y 1° Latinoamericano sobre Investigaciones Antárticas. Instituto Antártico Argentino, Buenos Aires.

ESCUELA DE CIENCIAS DEL MAR  
CURSO ESPECIALIZACIÓN EN HIDROGRAFÍA Y OCEANOGRAFÍA

Hyden, G., y Tanner, P. W. G. (1981). Late Paleozoic-Early Mesozoic fore-arc basin sedimentary rocks at the Pacific margin in western Antarctica. *Geologische Rundschau*, 70, 529-541.

Montes, M., Martín-Serrano, A., Nozal, F., y del Valle, R. A. (2005). Geología de la Costa austral de Bahía Esperanza (Península Antártica). *Geogaceta*, 38, 91-94.

Rees, P. M., y Cleal, C. J. (2004). Lower Jurassic floras from Hope Bay and Botany Bay, Antarctica. *Special Papers in Palaeontology*, 72, 1-90.