



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Departamento de Ciencias Geológicas

Estudio geofísico del Cañón Submarino Sloggett. Geomorfología y factores que controlaron su evolución, Margen Continental de Tierra del Fuego, Argentina

Tesis presentada para optar al título de Doctor de la Universidad de Buenos Aires en el área de Ciencias Geológicas

Fermín Ignacio Palma

Director de tesis: Dr. Alejandro Tassone

Co-Director de tesis: Dr. Federico Esteban

Consejero de Estudios: Dr. Matías Ghiglione

Lugar de trabajo: Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGEBA)

Buenos Aires, 2023

Estudio geofísico del Cañón Submarino Sloggett. Geomorfología y factores que controlaron su evolución, Margen Continental de Tierra del Fuego, Argentina

Resumen

El Margen Continental de Tierra del Fuego se halla incidido por un sistema de cañones submarinos, de los cuales el Cañón Sloggett es el de mayor desarrollo. El cañón se ubica a 8,5 km de la línea de costa, en la Bahía Sloggett, presenta una longitud de 147 km, incidiendo la plataforma continental, talud y emersión continental.

A partir de datos de batimetría multihaz de alta resolución, se confeccionó el primer mapa de detalle del Cañón Sloggett (o Cañón Sverdrup) y el área circundante (superficie de ca. 5340 km²), abarcando desde la cabecera hasta el pie del cañón e interfluvio con Cañón Valentín. Se realizó un estudio geomorfológico junto a un análisis morfométrico, en donde se dividió el cañón en tres sectores: superior, medio e inferior, definidos por cambios abruptos de ~90° de su valle principal. Se distinguió una cabecera constituida por dos tipos de flancos: el flanco Oeste conformado por un sistema de tributarios en 'V', y el flanco Este con una predominancia de cicatrices de deslizamiento/derrumbes y procesos hemipelágicos. El análisis de registros sísmicos de alta resolución permitió definir 11 ecofacies presentes en el área. Por otro lado, se usaron datos públicos de velocidades y direcciones de corrientes de fondo para determinar la circulación de masas de agua circulando a distintas profundidades. A partir de esta información, se realizaron mapas de geomorfología, de ecofacies, y granulométrico, este último contrastado con testigos sedimentarios obtenidos en la zona. Considerando la actividad glaciaria, los cambios en el nivel del mar que han ocurrido desde el Pleistoceno a la actualidad, y las evidencias geomorfológicas presentes en el área de estudio, se propuso un modelo evolutivo del Cañón Sloggett. Uno de los factores condicionantes en la formación del cañón posiblemente ha sido la erosión producida por la entrada directa de sedimentos durante los periodos de mar bajo, provenientes de dos fuentes: el Río López, ubicado en la Bahía Sloggett, y desde el Canal Beagle a través de agua de deshielo del Glaciar Beagle. El gran volumen de sedimentos aportados habría erosionado el margen continental, generando la amplia cabecera del cañón con un sistema de tributarios en su flanco oeste, el cual se mantiene activo en la actualidad. Adicionalmente, el margen fueguino posee un factor de control tectónico que ha influenciado en la génesis del cañón debido a las zonas de debilidad que surgieron como resultado de la configuración de dos sistemas de lineamientos tectónicos: Sistema de fallas Canal Beagle, y Lineamientos de la Dorsal Occidental de Scotia. Estos sistemas habrían influenciado en la generación de las curvas pronunciadas descritas en el valle principal. Actualmente, a pesar de estar en un periodo de mar alto, el cañón sigue desarrollando actividad manifestada a través del incremento en su anchura producto de deslizamientos/derrumbes de las paredes en su flanco Este, y en su profundidad a partir de flujos turbidíticos generados por sedimentos transportados por las corrientes oceánicas en el flanco Oeste.

Palabras claves: Margen Continental, Cañón Submarino, Geomorfología, Evolución, Tierra del Fuego.

Geophysical study of the Sloggett Submarine Canyon. Geomorphology and factors that have controlled its evolution, Tierra del Fuego Continental Margin, Argentina

Abstract

The Tierra del Fuego Continental Margin is incised by a submarine canyon system, the largest of them is the Sloggett Canyon is the most developed of them. The canyon is located 8.5 km from the coastline of Sloggett Bay, has a length of 147 km, incising the continental shelf, slope, and continental rise.

Based on high-resolution multibeam bathymetry data, the first detailed map of Sloggett Canyon and the surrounding area is presented (surface of ca. 5340 km²), covering from the head to the foot of the canyon, and the interfluvial zone. A geomorphological study was carried out together with a morphometric analysis, where the canyon was divided into three sectors: upper, middle, and lower, defined by abrupt changes of ~90° of its main valley. A headwall constituted by two types of flanks was distinguished: the western flank formed by a 'V' tributary system, and the eastern flank with a predominance of landslide scars and hemipelagic processes. At the same time, high-resolution seismic was used to define 11 echofacies present in the area. On the other hand, public data on velocities and directions of bottom currents were used to determine the water masses circulation at different depths. From this information, geomorphology, echofacies and granulometric maps were made, the latter contrasted with sedimentary cores obtained in the area. Considering the glacial activity, sea-level changes that have occurred from the Pleistocene to the present, and the geomorphological evidence present in the study area, an evolutionary model of the Sloggett Canyon was proposed. One of the conditioning factors in the formation of the canyon may have been through erosion caused by a direct input of sediments during low sea periods, coming from two sources: the López River, located in Sloggett Bay, and from the Beagle Channel through melt water from the Beagle Glacier. This large volume input has generated its broad canyon head with a tributary system on the western flank, which remains active at present. Additionally, the Fuegian margin has a tectonic control factor which has influenced the genesis of the canyon corresponding to areas of weakness resulting from the configuration of two tectonic systems: Beagle Channel Fault System, and Western Scotia Ridge Lineaments. These systems have influenced the development of the steep curves described in the main valley. Currently, despite being in a period of high sea, the canyon continues to develop activity manifested through the increase in its width as a result of landslides/collapses of the walls on its eastern flank, and in its depth from turbiditic flows generated by sediments transported by ocean currents on the western flank.

Keywords: Continental Margin, Submarine Canyon, Geomorphology, Evolution, Tierra del Fuego.

AGRADECIMIENTOS

A Carlos Selva por creer en mí y darme la oportunidad de conocer a mis directores de tesis. También por darme las herramientas para poder obtener una beca doctoral YTEC-CONICET a fin de realizar mi investigación en el campo de las geociencias marinas.

A mis directores Alejandro y Federico por la paciencia y enseñanza brindada a lo largo de mi formación doctoral. Por confiar en mí y permitirme conocer este mundo de geología marina a través de diversas campañas oceanográficas realizadas a bordo del Buque Oceanográfico Austral.

Al CONICET y a YTEC S.A. por otorgarme la beca doctoral.

Al grupo de bioestratigrafía de YTEC y Geociencias YTEC por brindar las instalaciones para el muestreo de testigos marinos y la ayuda en la interpretación paleontológica.

A la gerencia de exploración offshore de YPF por financiar las campañas oceanográficas YTEC-GTGM y por los workshops realizados.

A mis compañeros de trabajo (amigos) que me acompañaron y me ayudaron en diversas etapas del doctorado. En un principio a Pepe Isola por los primeros años de su ayuda, en una segunda etapa a Sebastián Principi que también me ha ayudado muchísimo, y a Juan Pablo Ormazabal que fue mi compañero de oficina durante todos estos años. Sin ellos hubiese sido todo cuesta arriba.

Al equipo Coring: Graziella Bozzano y Daniela Spoltore. Ellas han sido un gran sostén en las campañas oceanográficas y en los muestreos realizados en diversos lugares y circunstancias. También me han enseñado como trabajar en un barco y en equipo.

A Yasmín por traerme las muestras faltantes para completar la tesis.

A Ornella por su ayuda en la interpretación de las corrientes oceánicas.

A las universidades públicas que me formaron: a la Universidad Nacional de La Plata que me formó en la primera etapa como licenciado, y a la Universidad de Buenos Aires que me formó en esta segunda etapa como doctorado

También quiero agradecer a Juan Carlos Giorgieri por permitirme realizar mis estudios primarios y secundarios en una escuela de excelente calidad institucional y humana: Colegio Patris.

A Alezandra Elbakyan por brindar una ciencia abierta y libre de restricciones.

Al grupo de trabajo de geología marina (GTGM)/ Geofluma que me han apoyado con diversos programas, consultas y logística. En especial, a Donald Bran, Jorge Lozano, César, Flor Restelli, Fer Almaraz, Eloy Mendoza y Emilia Bravo.

Al Instituto de Geociencias, Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGeBA) por otorgarme el lugar de trabajo.

A la Generación Dorada y Nueva Generación Dorada por los almuerzos y la buena predisposición para consultas y discusiones, que hicieron más amenas las horas de laboratorio.

A la dotación del Buque Oceanográfico Austral 2017 e investigadores que participaron en la campaña YTEC-GTGM 0.

A Edgardo que ha sido mi compañero de camarote en 4 campañas.

A mis amigos y amigas de toda la vida que han sido y son un gran sostén en todas las etapas mi vida.

A Carlita Puigdomenech y María Duperron que también han sido muy importantes en mi vida en Buenos Aires.

A mi familia, en especial, a mi mamá que siempre me ha otorgado las herramientas y se ha esforzado muchísimo para que no me falte nada. Este logro también es tuyo.

A mi papa por transmitirme la pasión por la geología.

Finalmente, agradezco al jurado por el tiempo empleado para las correcciones y observaciones realizadas en el presente volumen doctoral, lo que me sirvió para poder potenciar aún más este trabajo.

Tabla de contenido

Parte I: Encuadre General

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	29
1.1 Zona de Estudio.....	29
1.1.1 Antecedentes Generales	29
1.2 Cañones submarinos	32
1.3 Contornitas.....	33
1.4 Objetivos	34
CAPÍTULO 2: MARCO GEOLÓGICO – OCEANOGRÁFICO	36
2.1 Marco geológico.....	36
2.1.1 Evolución tectónica regional	36
2.1.1.1 Fase extensional I: Ruptura de Gondwana.....	37
2.1.1.2 Fase compresiva	37
2.1.1.3 Fase extensional II: Apertura Pasaje de Drake	38
2.1.1.4 Fase Transcurrente.....	39
2.1.2 Tipos de márgenes continentales	40
2.2 Fisiografía del extremo noroccidental del Mar del Scotia	41
2.3 Marco oceanográfico	43
2.3.1 Masas de Agua	43
2.4 Glaciaciones y variación del nivel del mar	45

Parte II: Metodologías y Datos utilizados

CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS	47
3.1 Marco Teórico	47
3.1.1 Métodos geofísicos	47
3.1.1.1 Ecosondas batimétricas.....	48
3.1.1.2 Retrodispersión (<i>backscatter</i>).....	49
3.1.1.3 Perfiles sísmicos de subfondo de alta resolución (SBP)	49
3.1.1.4 Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP).....	50
3.1.1.5 Sincronizador.....	50
3.1.1.6 Corrección por velocidad de sonido.....	51
3.1.1.7 Corrección por movimientos.....	52
3.1.1.8 Resolución vs Espaciado horizontal	52
3.1.2 Métodos geológicos	53
3.1.2.1 Sacatestigo por gravedad	53

3.1.2.2	Draga	55
3.1.2.3	Muestreador tipo caja	55
3.1.3	Definiciones de parámetros morfométricos	56
3.2	Bases de datos	59
3.2.1	Datos públicos	59
3.2.1.1	Batimetría GEBCO	59
3.2.1.2	Batimetría GMRT	60
3.2.1.3	Modelo GLORYS12V1	60
3.2.1.4	Base de datos mundial del Océano ('World Ocean Database')	61
3.2.2	Datos previos (Sísmica profunda)	62
3.2.3	Datos adquiridos	63
3.2.3.1	Batimetría multihaz y Retrodispersión	63
3.2.3.2	Perfiles sísmicos de subfondo de alta resolución (SBP)	65
3.2.3.3	Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP)	66
3.2.3.4	Muestras geológicas	68
3.3	Trabajo de Gabinete	70
3.3.1	Procesamiento de batimetría	70
3.3.1.1	Batimetría multihaz relevada	70
3.3.1.2	Integración de las grillas batimétricas	71
3.3.1.3	Mapas de pendientes	73
3.3.2	Procesamiento de retrodispersión	73
3.3.3	Procesamiento de perfiles de subfondo de alta resolución (SBP)	74
3.3.4	Procesamiento de la sísmica profunda	75
3.3.5	Procesamiento de datos de ADCP	75
3.3.6	Procesamiento de los datos públicos de corrientes oceánicas	75
3.3.6.1	Velocidades y direcciones	75
3.3.6.2	Masas de Agua	76
3.3.7	Procesamiento de muestras geológicas	76
3.3.7.1	Granulometría y grano suelto	77
3.3.7.2	Tomografía	78
3.3.7.3	Bioestratigrafía	79
3.3.7.4	Arcillas	79
3.3.7.5	Susceptibilidad magnética	79
3.3.8	Confección de mapas y figuras	80

Parte III: Resultados

CAPÍTULO 4: GEOMORFOLOGÍA	82
4.1 Fisiografía del Margen Continental de Tierra del Fuego (MCTdF)	82
4.1.1 Escarpa Isla de Los Estados (EIdLE)	85
4.2 Sistema de Cañones Submarinos Tierra del Fuego (SCSTdF)	86
4.2.1 Subzona 1	87
4.2.1.1 Cañón Shackleton	89
4.2.1.2 Cañón Austral	89
4.2.1.3 Cañón Cabo de Hornos	89
4.2.1.4 Cañón Deceit	90
4.2.1.5 Cañón Wollaston	90
4.2.1.6 Cañón Sloggett	91
4.2.1.7 Cañón Valentín	92
4.2.1.8 Comparación de los parámetros morfométricos	93
4.2.2 Subzona 2	94
4.2.2.1 Cañón Burdwood	95
4.2.3 Perfiles longitudinales	95
4.3 Geomorfología de la zona de estudio local	96
4.3.1 Sección I: Cañón Sloggett	97
4.3.1.1 Sector superior: Cabecera y cañón superior	100
4.3.1.1.1 Canal axial	100
4.3.1.1.2 Morfologías de los flancos	103
4.3.1.2 Sector medio: Cañón medio	106
4.3.1.3 Sector inferior: Cañón inferior	109
4.3.2 Sección II: Interfluvio	112
4.3.2.1 II A: Surcos paralelos	112
4.3.2.2 II B: Surcos perpendiculares	114
4.3.2.3 II C: Terraza intermedia	115
4.3.2.4 II D: Talud inferior	115
4.3.3 Sección III: Emersión continental	115
4.4 Mapa geomorfológico	116
CAPÍTULO 5: FACIES ACÚSTICAS Y SEDIMENTARIAS	118
5.1 Sísmica somera de alta resolución (SBP): Ecofacies	118
5.1.1 Sección I: Cañón Sloggett	120
5.1.2 Sección II: Interfluvio	121

5.1.2.1	Sector II A	121
5.1.2.2	Sector II B	122
5.1.2.3	Sector II C.....	123
5.1.2.4	Sector II D	124
5.1.3	Sección III: Emersión continental	125
5.2	Sísmica multicanal integrada con batimetría.....	126
5.2.1	Cañón Sloggett	126
5.2.2	Escarpa Isla de los Estados y Terraza Intermedia.....	129
5.3	Muestras geológicas.....	131
5.3.1	Testigo AU_GEO0_GC9.....	132
5.3.2	Testigo AU_GEO0_GC10.....	134
5.3.3	Granulometría superficial	137
5.3.3.1	Plataforma.....	137
5.3.3.2	Sección I: Cañón	137
5.3.3.3	Sección II: Interfluvio.....	138
5.3.3.3.1	Sector II A	138
5.3.3.3.2	Sector II C	138
5.4	Retrodispersión	141
CAPÍTULO 6: CORRIENTES DE FONDO		144
6.1	Variación temporal.....	144
6.2	Masas de agua.....	147
6.3	Interacción entre corrientes y fondo oceánico	149
6.3.1	Sección I: Cañón Sloggett	149
6.3.2	Sección II: Interfluvio.....	151
6.4	Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP).....	154

Parte IV: Discusiones

CAPÍTULO 7: DISCUSIÓN		159
7.1	Actividad/inactividad del Sistema de Cañones Tierra del Fuego	159
7.2	Factores de control	160
7.2.1	Aporte de sedimento y procesos sedimentarios	160
7.2.1.1	Fuente fluvial y corriente litoral.....	160
7.2.1.2	Corrientes oceánicas	162
7.2.1.3	Procesos sedimentarios y crecimiento actual del Cañón Sloggett.....	164
7.2.2	Influencia tectónica.....	170
7.2.3	Influencia glaciaria.....	174

7.3	Modelo evolutivo del Cañón Sloggett.....	176
-----	--	-----

Parte V: Conclusiones principales y referencias bibliográficas

	CAPÍTULO 8: CONCLUSIONES	180
8.1	Conclusiones principales	180
	CAPÍTULO 9: REFERENCIAS CITADAS	183

Índice de Figuras

Fig. 1: Mapa batimétrico del extremo noroccidental del Mar del Scotia confeccionado a partir de la grilla GEBCO (v. 2022) y de imágenes satelitales de la plataforma Bing para el área emergida. Se detallan los dos tipos de márgenes (dominios tectónicos) que conforman el Margen Continental de Tierra del Fuego, ubicados desde el Espolón Tierra del Fuego (ETdF) hasta el extremo oriental del Banco Burdwood, los cuales comprenden a la zona de estudio regional. El recuadro negro indica la zona de estudio local ubicada en la transición entre los dos dominios tectónicos, junto a una pequeña porción emergida en la Bahía Sloggett (BS). CB: Canal Beagle, CS: Cañón Sloggett, CV: Cañón Valentín, ETdF: Espolón Tierra del Fuego, IdLE: Isla de los Estados, IGTdF: Isla Grande de Tierra del Fuego, MLL: Monte Lucio López.....	29
Fig. 2: Bloque 3D esquemático ilustrando la clasificación de los cañones submarinos según Harris y Whiteway, 2011. Los cañones tipo 1 y 2 son más propensos a desarrollar flujos turbidíticos, mientras que los tipos 3 evolucionan por procesos de deslizamientos en su cabecera. Figura tomada de Bozzano et al. (2017).	32
Fig. 3: Primer mapa de cañones submarinos confeccionado por Lonardi y Ewing (1971) versus mapa batimétrico actual (confeccionado con la grilla GEBCO v. 2022 y datos propios). En ambos mapas se marcan los sistemas de cañones (SC) del Margen Continental Argentino. Las líneas rojas indican el curso orientativo de algunos cañones mayores.	33
Fig. 4: A) Velocidad del flujo vs Tamaño de grano. Se observan las distintas formas de lecho resultantes de la interacción entre ambos. Modificado de Stow et al. (2009). Notar que los drifts contorníticos se forman a velocidades menores a 0.1 m/s (=10 cm/s). B) Figuras esquemáticas que representan las distintas morfologías de las contornitas. Modificado de Rebesco et al. (2014).	34
Fig. 5: Mapa batimétrico (fuente https://www.gmrt.org/) de la región del Mar del Scotia con límites de las placas tectónicas. ANT: Placa Antártica, DES: Dorsal Este de Scotia, DNS: Dorsal Norte de Scotia, DSS: Dorsal Sur de Scotia, NAZ: Placa de Nazca, SAM: Placa Sudamericana, SCO: Placa Scotia, SFMF: Sistema de Fallas Magallanes-Fagnano, TSC: Trinchera Sur de Chile, TSS: Trinchera Sándwich del Sur, ZFS: Zona de Fractura de Shackleton. En color rojo: límites de placas de Plate Project, en color negro: límites de placas de Bird (2003). Modificado de Esteban (2013).	36
Fig. 6: Figura ilustrativa de las primeras etapas del desmembramiento de Gondwana. El recuadro rojo indica la zona de estudio, la cual fue afectada por un volcanismo asociado a extensión a partir de la generación de la Cuenca de Rocas Verdes. Figura modificada de Mpodozis y Ramos (2008).	37
Fig. 7: Mapa geológico del extremo sur de Sudamérica. Se observa la faja plegada y corrida de piel gruesa que involucra a las formaciones Lemaire y Yaghán pertenecientes a la Cuenca de Rocas Verdes, las cuales afloran en el área de la Bahía Sloggett (recuadro rojo). Los círculos rojos indican la ubicación de los plutones potásicos. La figura de arriba presenta un esquema ilustrativo de la evolución de la Cuenca de Rocas Verdes. Modificado de Torres et al. (2020). 38	
Fig. 8: Modelos evolutivos de la región austral de Sudamérica y Península Antártica durante el desarrollo de la placa de Scotia. Eagles et al (2005) presentan un modelo de dos placas (Scotia central y Sudamerica) para la etapa inicial, pasando por un estadio de 3 placas a partir del desarrollo de la placa Magallanes, para luego consolidarse en la placa actual de Scotia a partir del cese de actividad de la Dorsal Oeste de Scotia (DOS). En cambio, Lodolo et al (2006) presentan un modelo de dos placas (Sudamericana y Scotia Sur) para su evolución. La Placa de Scotia se habría consolidado como un bloque rígido y único al extinguirse la DOS.....	39

Fig. 9: Mapa del sector sur de Sudamérica en donde se remarcan los principales lineamientos O-E (color rojo) asociados al Sistema de Fallas Canal Beagle (BF) y al Sistema de Fallas Magallanes-Fagnano (MF), generados a partir de la rotación antihoraria de este territorio. El recuadro rojo indica el área de la Bahía Sloggett, junto a una porción del extremo oriental del Canal Beagle. Notar como estos lineamientos continúan hacia el sector offshore. Modificado de Eagles (2016). IGTdF: Isla Grande de Tierra del Fuego. 40

Fig. 10: Tipos de márgenes continentales presentes en el Margen Continental Argentino. A) Mapa de COPLA (2017) en donde indican al Margen Continental de Tierra del Fuego (MCTdF) como Tipo A + F: Continental Convergente Acrecionario + cizallado. B) Mapa de Violante et al. (2017) en donde indican al MCTdF como mixto: Activo-Transcurrente. C) Mapa modificado de COPLA (2017), en donde se visualizan los dos dominios tectónicos presentes en la zona de estudio regional. Se utiliza la clasificación de margen Tipo E: Pasivo-volcánico para el extremo occidental (color rojo) del MCTdF, y combinado: Tipo E + F: Pasivo-volcánico + cizallado para el sector sur de la Dorsal Norte de Scotia (color amarillo). 41

Fig. 11: Mapa modificado de Eagles et al. (2005) en donde se muestran los rasgos fisiográficos sobresalientes del sector noroccidental de Scotia, basado en las anomalías gravitacionales satelitales de aire libre de Smith y Sandwell (1997). Los corredores oceánicos de la Dorsal Oeste de Scotia corresponden a W1-W7, junto a las zonas de fractura (ZF) que lo segmentan. Notar el alto gravimétrico (~ 40 mGal) generado por la Dorsal Norte de Scotia. BA: Banco Aurora, BB: Banco Burdwood, BD: Banco Davis. 42

Fig. 12: Mapa del sector noroccidental del Mar del Scotia con las corrientes de fondo que circulan en esta región. Modificado de Pérez et al. (2015). AASW: Corriente Superficial Antártica, AAIW: Masa de agua Intermedia Antártica, CDW: Masa de agua Circumpolar Profunda, LCDW: Masa de agua Circumpolar Profunda Inferior, SPDSW: Masa de agua profunda de talud del Sudeste Pacífico, SPDW: Masa de agua profunda del Sudeste Pacífico, UCDW: Masa de agua Circumpolar Profunda Superior, WSDW: Masa de agua Profunda del Mar de Weddell. 43

Fig. 13: A) Frentes oceanográficos australes. PF: Frente Polar, SAF: Frente Subantártico, STF: Frente Subtropical. Con recuadro rojo se señala la región de la zona de estudio. Modificado de Orsi et al. (1995). B) Esquema de la zona de influencia de las masas de agua en cada frente oceanográfico. Tomado de Sarkar et al. (2019). AABW: Masa de Agua Antártica Profunda, AAIW: Masa de Agua Intermedia Antártica, CDW: Masa de Agua Circumpolar Profunda. ET: transporte de Ekman, SAMW: Masa de Agua Subantártica Modificada. 44

Fig. 14: A) Mapa del sector sur de Sudamérica en donde se señala las extensiones de cada glaciación. Observar que la glaciación del Pleistoceno llega hasta el borde occidental de la Bahía Sloggett (BS), mientras que la Última Glaciación se extiende hasta la Bahía Moat (BM). El recuadro rojo indica la zona de la figura B. Modificado de Singer et al. (2004). B) Evolución de la línea de costa entre los 15500 y 14500 años antes del presente (yr B. P.), durante la última glaciación. Notar como la zona de la Bahía Sloggett (BS) queda expuesta a la erosión subaérea/fluviol. Modificado de Ponce et al. (2011). 45

Fig. 15: Buque Oceanográfico Austral con los equipos acústicos instalados en su casco. EM112: Equipo de batimetría multihaz, P70: Equipo para la adquisición de sismica de alta resolución. ADCP: Equipo para la medición de corrientes oceánicas. EM2040 y EK80 son otros equipos que posee el buque los cuales fueron instalados en el 2018 (posterior a las campañas del 2017). Notar que el EM122 posee dos sistemas de transductores perpendiculares entre sí, en donde el instalado en dirección proa-popa es el emisor de ondas, y el de dirección babor-estribor es el receptor. 47

Fig. 16: Rango de frecuencias de las ecosondas batimétricas. Las frecuencias más bajas corresponden a la detección de los primeros metros de sedimento (SBP). Modificado de http://www.ifremer.fr/flotte/equipements_sc/sondeurs_multi/caracteristiques	48
Fig. 17: A) Esquema trigonométrico simplificado para la determinación de la resolución horizontal (ver fórmula del recuadro rojo). A mayor profundidad (H), mayor área de cobertura (Df) pero a una menor resolución. B) Métodos de detección del fondo oceánico. Tomado de Michaud et al. (2009).	49
Fig. 18: Principio del efecto Doppler para el cálculo de velocidades y direcciones de las masas de agua. J: estrato. Para cada J se aplica la fórmula F_d : Corrimiento Doppler en frecuencia. F_r : frecuencia de la fuente, V_{rel} : Velocidad relativa que resulta de la diferencia entre la Velocidad de la fuente y la Velocidad de la corriente, C: Velocidad del sonido (m/s). Figura modificada de Baqués et al. (2017).	50
Fig. 19: Interfaz del sincronizador. Notar como todos los equipos (EA600, EM122, EM710, SBP120) poseen un tiempo de emisión (ping) distinto, a fin de evitar una superposición e introducción de ruidos en los dispositivos. Con círculos rojos se señalan los tiempos de emisión para el caso del SBP120. Imagen modificada del manual de operación del K-Sync.	51
Fig. 20: Perfilador de velocidad de sonido AML Mino-x SV 6000 dBar del Buque Austral.	51
Fig. 21: A) Esquema de los movimientos del barco. B) Unidad de referencia del movimiento MRU 5+. C) Unidad de procesamiento (Sistema Seapath330) instalado en el puente científico del BOA, junto a los equipos de posicionamiento.	52
Fig. 22: Resolución vs profundidad de ecosondas batimétricas con distinto ancho de haz. La sonda multihaz EM122 del Buque Oceanografía Austral tiene un ancho de banda de $2 \times 2^\circ$. Esta ecosonda alcanza mayores profundidades pero con una resolución menor.	53
Fig. 23: A) Equipo completo de gravity corer en el momento en que ingresa en el agua. B) Equipo gravity corer con una sola pipa colocada. C) Detalle del cabezal con el lastre correspondiente a pesas de 50 kg.	54
Fig. 24: A) Boquilla de corte. Observar su punta más filosa. B) Válvulas de retención. Esta se coloca dentro de la boquilla de corte. C) Cupla utilizada para unir las pipas en caso de que las condiciones sean favorables, expandiendo el rango de obtención de muestra de 3,5 m a 7 m.	54
Fig. 25: Tensiómetros en el laboratorio geológico del BOA. A) Tensiómetro 1. B) Tensiómetro 2 durante el lascado con una tensión de 4,6. C) Tensiómetro 2 al momento de tocar fondo. Observar como la tensión disminuye en ese momento hasta 2,4.	55
Fig. 26: Draga de arrastre utilizada en el BOA. Notar la variabilidad en los tamaños de sedimento recolectado, junto a la presencia de material orgánico (conchillas).	55
Fig. 27: A) Equipo completo de box corer. Notar el mecanismo de palancas que posee para la penetración de la caja en el suelo. B) Caja muestreadora con sedimento sin disturbar.	56
Fig. 28: Esquema 3d de los parámetros morfométricos del canal axial (CA) y del cañón.	56
Fig. 29: Perfil esquemático de los parámetros morfométricos de un cañón submarino, resaltando las características del valle principal y canal axial. Modificado de Tubau et al. (2015). A lo largo del cañón el canal axial posee zonas con un muy buen desarrollo y otras zonas en donde su delimitación es más difusa.	57
Fig. 30: A) Sector de la zona de transición, sin la presencia del cañón Sloggett, luego de la reconstrucción del margen continental. B) Sector de la zona de transición con la configuración actual. La diferencia de volumen entre las dos imágenes da como resultado una aproximación del volumen erosionado.	58
Fig. 31: Cálculo del volumen para el Cañón Sloggett, a partir de la reconstrucción del margen previo al cañón con respecto a la configuración actual. La diferencia entre ambos volúmenes da una aproximación a la cantidad de material erosionado.	58

Fig. 32: Mapa de los tipos de datos (denominada GEBCO_TID) utilizados para la elaboración de la grilla GEBCO (v.2022).....	60
Fig. 33: Mapa batimétrico del sitio GMRT (versión 4.1). En color más claro se marcan las áreas con datos con mayor resolución (100 m, correspondiente a relevamientos multihaz).	60
Fig. 34: Interfaz de la página web del CMEMS: The Copernicus Marine Environment Monitoring Service. Con recuadro rojo se señala el producto utilizado: Global Ocean Physics Reanalysis. Notar la presencia de otros productos oceanográficos que ofrece este servicio.....	61
Fig. 35: Distribución regional de los CTDs obtenidos de la Base de datos Mundial del Océano (World Ocean Database, WOD).	62
Fig. 36: Mapa batimétrico con la ubicación de las líneas sísmicas profundas.....	62
Fig. 37: Mapa batimétrico de un sector del Margen Continental Tierra del Fuego con las batimetrías de alta resolución del Cañón Submarino Sloggett y Cañón Submarino Burdwood. En la batimetría Sloggett las líneas representan la navegación realizada. Notar la mayor densidad de líneas en la zona de cabecera. Los recuadros en zig-zag y cuadrícula indican distintos tipos de relevamientos en zonas de interés.	63
Fig. 38: Modelos de ecosondas EM122 en donde se detalla la cantidad de sondeos (sounding), pulsos (pings), franjas (swath), y haces (beams). En el recuadro rojo se indica el tipo de ecosonda que posee el BOA (Kongsberg, https://noc.ac.uk/files/documents/facilities/james_cook/EM122_Datasheet.pdf).	64
Fig. 39: A) Gabinete de hidroacústica del Buque Austral en el cual se adquirieron los datos acústicos utilizados en esta tesis doctoral. B) Visualización del software SIS en donde se observa en tiempo real la adquisición de la batimetría.	65
Fig. 40: Ubicación de las líneas de SBP. Notar como coinciden los trayectos con los de la batimetría de la Fig. 37	65
Fig. 41: Interfaz del software Parastore 3 utilizado para la visualización en tiempo real de la sísmica de alta resolución.	66
Fig. 42: Interfaz del software WinADCP. Se puede observar el set de datos en la ventana de arriba a la derecha, junto a una ventana inferior que muestra con mayor zoom un sector seleccionado del set total. Hacia la izquierda se observan perfiles (recuadro rojo) con los distintos haces (beams) que indican si el dato puede ser considerado aceptable o no.....	67
Fig. 43: Líneas de ADCP adquiridas durante la campaña YTEC-GTGM0. El recuadro negro indica la zona del área de zoom. Las líneas celestes fueron las utilizadas en esta tesis doctoral.....	68
Fig. 44: Distribución de las muestras sedimentarias en el área de estudio adquiridas con los diferentes muestreadores. El mapa batimétrico fue confeccionado a partir de la grilla GEBCO (v.2022), imagen satelital de la plataforma Bing, GMRT, y datos propios. Exageración vertical: 5.	69
Fig. 45: Flujo de trabajo para el procesamiento de la batimetría multihaz. Modificado del manual de entrenamiento Teledyne Caris (v. 10.4).....	70
Fig. 46: Interfaz del Swath Editor en donde se muestran los haces con dos errores: los círculos amarillos señalan un mal tiempo de arribo producto de una mala ley de velocidad de la zona, mientras que los círculos blancos indican haces con un mal arribo los cuales deben ser eliminados de forma manual. Imagen modificada del manual de entrenamiento Teledyne Caris (v. 10.4).	71
Fig. 47: Comparación de la batimetría disponible vs la batimetría de datos propios. A) Batimetría GEBCO sin los datos de batimetría de alta resolución. B) Batimetría GEBCO Y GMRT. Notar como mejora la visualización del Cañón Valentín (CV). C) Batimetría GEBCO + GMRT + datos multihaz propios. Notar como mejora la visualización del Cañón Sloggett (CS). D) Ubicación de los datos de batimetría GEBCO, GMRT y datos propios en la zona de estudio local.	72

Fig. 48: Flujo de trabajo para la obtención de la grilla de retrodispersión. Tomado del manual de entrenamiento Teledyne Caris (v. 10.4).....	73
Fig. 49: Retrodispersión del área del Cañón Sloggett confeccionado a partir del algoritmo SIPS Backscatter.	74
Fig. 50: A) Línea sísmica con el atributo de amplitud. B) Línea sísmica luego de aplicar el algoritmo de pseudorelief. Línea roja: Limite entre columna estratigráfica y basamento. Notar como mejora la visualización de los horizontes que se hallan por encima de la línea roja, lo que permite su mejor interpretación. A la vez, se disminuye el efecto de hipérbola generado en el basamento acústico.	75
Fig. 51: Ejemplo de la estructura de datos de tipo netCDF. En este caso se utilizaron datos tetradimensionales que varían con la profundidad y el tiempo. X, Y: Longitud y Latitud. Modificado de https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/netcdf/fundamentals-of-netcdf-data-storage.htm	76
Fig. 52: Muestreo de sedimento con jeringa.	77
Fig. 53: Tomógrafo utilizado para el estudio de los testigos sedimentarios.....	78
Fig. 54: A) Marcas cada 5 cm sobre testigo cerrado de sedimento. B) Mediciones en los intervalos de 5 cm con el susceptibilímetro de mano.	80
Fig. 55: Mapas del Cañón Sloggett con distinta exageración vertical (E.V). Notar como se remarcan con mayor notoriedad los rasgos con una exageración vertical de 5, la cual fue utilizada para la confección de todos los mapas batimétricos de esta tesis.	80
Fig. 56: A) Mapa batimétrico del Margen Continental de Tierra del Fuego (MCTdF) en donde se indican los dos tipos de márgenes presentes. El recuadro blanco hace referencia al lugar en donde se da la transición entre ambos dominios. ETdF: Espolón Tierra del Fuego. B) Mapa de pendiente del MCTdF de 0 a <1° en donde se resalta la extensión de la plataforma continental, y el quiebre del talud a los -180 m. La plataforma insular está constituida por el Banco Burdwood (BB) en donde la transición hacia el talud se da en la isóbata de -200 m. Las líneas blancas corresponden al Sistema de Cañones Submarinos Tierra del Fuego (SCSTdF). Notar que varios de los cañones inciden la plataforma. IdLE: Isla de los Estados, BB: Banco Burdwood. C) Mapa de pendiente con un rango más amplio de gradiente, de 0 a >5°, en donde se destacan los rasgos morfológicos principales del margen: plataforma, talud, Escarpa Isla de Los Estados (EldLE), terraza intermedia y emersión continental. Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022), GMRT, y datos batimétricos propios.	84
Fig. 57: Mapa de pendiente del margen continental pasivo-cizallado de TdF, y zona de transición. Se destacan los cañones submarinos Sloggett, Valentín y Burdwood, junto a la Escarpa Isla de Los Estados (EldLE) la cual constituye el talud superior. Esta escarpa posee su zona de mayor pendiente al sur de la Isla de los Estados, mientras que hacia las zonas de los cañones Sloggett al oeste y el Burdwood al este, la pendiente es menor. La presencia de la terraza intermedia marca el límite inferior de la escarpa. Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022), GMRT, y datos batimétricos propios.	85
Fig. 58: Detalle de la Escarpa Isla de Los estados (EldLE) con las quebradas (gullies) que la inciden. Notar que, en el sector oeste, las quebradas se adentran en el Cañón Valentín. En el perfil A-A' se observa el corte en 'V' con un desnivel relativo de hasta ~80 m. Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022), GMRT, y datos batimétricos propios.	86
Fig. 59: Mapa batimétrico del Margen Continental de Tierra del Fuego en donde se indican las dos subzonas correspondientes al Sistema de Cañones Submarinos Tierra del Fuego. Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022), GMRT, y datos batimétricos propios.....	87

Fig. 60: Mapa batimétrico de la Subzona 1. Se detallan los nombres de los cañones (C.) principales (líneas de color celeste), con sus respectivos cañones tributarios (secundario y terciario). Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022), GMRT, y datos batimétricos propios.	88
Fig. 61: Mapa batimétrico de los cañones Shackleton y Austral. Notar como el Espolón Tierra del Fuego (ETdF) condiciona la dirección del Cañón Shackleton, y como solamente dos de sus tributarios secundarios inciden sobre la plataforma externa. Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022), GMRT, y datos batimétricos propios.	89
Fig. 62: Mapa batimétrico de los cañones Cabo de Hornos y Deceit. Notar que solamente un cañón secundario incide sobre la plataforma. En el perfil A-A' se visualiza el mayor grado de incisión del cañón principal con respecto al secundario. Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022), GMRT, y datos batimétricos propios.....	90
Fig. 63: Mapa batimétrico del Cañón Wollaston. SD: Superficie de deslizamiento. En los perfiles A-A' y B-B' se distingue como incrementa el grado de incisión con la profundidad. Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022), GMRT, y datos batimétricos propios.....	91
Fig. 64: Mapa batimétrico del Cañón Sloggett. Notar como incide claramente en la isóbata de -200 m llegando a la plataforma, y de su proximidad con la costa de la Bahía Sloggett (BS). Posee cañones secundarios de gran longitud, y otros de menor desarrollo. En su cabecera se distingue una red de drenaje (RD) en el flanco Oeste, IN: isla Nueva. Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022) y datos batimétricos propios.....	92
Fig. 65: Mapa batimétrico del Cañón Valentín, el cuál posee un cambio de rumbo en la zona de la terraza intermedia. EsL: Escarpa lineal, BV: Bahía Valentín. Los perfiles A-A' y B-B' indican el grado de incisión. Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022), GMRT, y datos batimétricos propios.	93
Fig. 66: Gráficos de dispersión comparando parámetros morfométricos, junto a tres gráficos de caja que visualizan los rangos de los cuartiles para las longitudes de vaguada de los cañones principales- secundarios-terciarios, gradiente del cañón, y profundidad de la cabecera (notar que la mediana se encuentra en un valor menor a los 200 metros). Se resaltan con elipses rojas algunas correlaciones positivas o negativas entre dos parámetros. Long. Vag.: Longitud de vaguada, Long. H.: Longitud horizontal, Prof.In.Vag: Profundidad inicio de vaguada, Prof.In.Cab: Profundidad inicio de la cabecera.....	94
Fig. 67: Mapa batimétrico de la Subzona 2. Se distinguieron diez cañones desde el Cañón Burdwood hasta el B10. Base de datos: GEBCO (v.2022) y datos propios para el Cañón Burdwood.	95
Fig. 68: Mapa batimétrico del Cañón Burdwood. Se distingue su trayectoria curva, y los rasgos semicirculares (cicatrices) en el flanco Este, mientras que en el flanco Oeste predominan las quebradas. OS: Ondas de sedimento. El perfil A-A' se observa el lecho relativamente plano, con una leve pendiente hacia el este. Notar como disminuyen la altura de sus flancos en el tramo distal lo que dificulta la determinación de la continuidad del cañón. Base de datos: GEBCO (v.2022) y datos batimétricos propios.	95
Fig. 69: Perfiles de profundidad versus longitudes de los cañones de la Subzona 1 (A), y Subzona 2 (B), junto a sus perfiles de longitud normalizada (C y D).	96
Fig. 70: Margen continental de transición en donde se resaltan las secciones I: Cañón Sloggett; II: Interfluvio A, B, C y D; III: Emersión continental. Grilla GEBCO (v.2022), GMRT, y datos batimétricos propios.	97
Fig. 71: Batimetría de alta resolución del Cañón Sloggett con la ubicación de los perfiles. C1-6: Curvas 1-6. La figura ubicada arriba a la derecha representa el perfil de la vaguada (línea azul) versus el perfil del margen continental (línea naranja). Se observa que el grado de incisión del cañón en los sectores superior y medio es similar, mientras que en el sector inferior es menor. El perfil varía de altamente cóncavo en su parte proximal, a levemente cóncavo en el sector	

medio, hasta su culminación en levemente convexo. El recuadro indica la forma en que se normalizan los perfiles tomado de Lastras et al. (2011) que se utilizó para normalizar ambos perfiles. La figura de abajo a la izquierda representa las alturas de ambos flancos versus vaguada (thalweg). La figura restante visualiza los perfiles perpendiculares al valle principal, en donde se observa la variación del canal axial a lo largo del cañón pasando de un perfil en 'V', a un perfil en 'U' en su sector distal. 99

Fig. 72: Sector superior del Cañón Sloggett. A) Mapa batimétrico con la ubicación de los perfiles. B) Mapa de pendiente. C) Perfiles flanco Oeste versus Este. D) Imagen con perspectiva en 3D para resaltar la morfología. La exageración vertical es de 3. PI: Punto de inflexión, C-1: Curva 1, Tr: Tributarios, Es-1: Escarpa, Kp: Knickpoint, S: Cicatriz de proceso gravitacional (scar), T: Terraza, VC: Valle colgante, Pca: Pared del canal axial, M: meandro, Anf: Anfiteatro 1 – 5. Base de datos: datos batimétricos propios. Base de datos de mayor resolución: datos propios, menor resolución: GEBCO (v.2022). 101

Fig. 73: Perfiles de las paredes Oeste y Este del canal axial versus perfil de la vaguada para el sector superior del Cañón Sloggett. La figura A representa el primer tramo, en donde se visualiza una simetría en las alturas de ambas paredes. En la figura B se visualiza como se incrementa la altura de la pared Este, generando los valles colgantes del flanco Este. Notar en el perfil este aumento a partir del punto de inflexión (PI), y su diferencia en altura con respecto a la pared oeste. Pca: Pared de canal axial, VC: Valle colgante. La figura C representa un tramo del canal axial (ver ubicación en A), en donde se distingue una terraza con 150 m de altura con respecto al fondo del canal axial. Base de datos: datos batimétricos propios 102

Fig. 74: Mapa de reflectividades del sector superior del Cañón Sloggett y zona de interfluvio. Los tributarios del flanco Oeste muestran altas reflectividades, al igual que las paredes del canal axial. En el flanco Este se observan reflectividades intermedias, con algunas líneas de alta reflectividad que indican una incisión o una escarpa. Dentro del canal axial las reflectividades son altas a intermedias, siendo menores en el sector de la pared escarpada identificada como una zona de acumulación (ZA). En la zona de interfluvio se distinguen zonas de muy baja reflectividad (ZMR), junto a surcos paralelos a oblicuos, y otros perpendiculares al talud. Base de datos: datos batimétricos propios. 103

Fig. 75: Imagen 3D del sector superior del Cañón Sloggett elaborada a partir del relevamiento de batimetría multihaz. Se distinguen diferentes morfologías: flanco Oeste con predominio de tributarios, flanco Este con predominio de escarpas. Notar que el flanco Oeste posee mayor cantidad de tributarios con el mismo nivel de base que el canal axial, mientras que en el flanco Este solamente inciden los tributarios más proximales. A partir del punto de inflexión (PI) ningún flanco posee tributarios con el mismo nivel de base que el canal axial. El grado de penetración y longitud de los tributarios disminuye con la profundidad, al igual que las quebradas (gullies) en los anfiteatros 1-5. Anf: Anfiteatro 1-5. Los recuadros indican distintos tipos de escarpas producidas por procesos gravitacionales (derrumbes y/o deslizamientos). 105

Fig. 76: Imágenes del flanco Este elaborada a partir del relevamiento de batimetría multihaz. A) Zona del anfiteatro-2, en donde se destacan las escarpas arqueadas alineadas seguidas por una incisión. B) Zona del anfiteatro-5, en donde se observa la escarpa lineal e incisiones. El perfil indica la geometría en 'V' y altura de las paredes. Todas estas incisiones culminan en la pared Este del canal axial. 106

Fig. 77: Sector medio del cañón Sloggett. A) Mapa batimétrico. B) Mapa de pendiente. C) Mapa de reflectividad. La exageración vertical es de 3. C-1 a 4: Curvas 1,2,3,4, Es2: Escarpa 2, BC-1 a 3: Brazos del cañón 1,2,3, ER: Estructura rocosa, Kp: Knickpoint, VC: Valle colgante, EsAC: Escarpa arqueada y cóncava hacia abajo, Q: Quebradas, EsA: Escarpa arqueada, L: Lóbulo. Base de datos de mayor resolución: datos propios, menor resolución: GEBCO (v.2022). 108

Fig. 78: A) Sector medio con perspectiva en 3D para resaltar la morfología. B) Imagen de detalle del brazo 2 (BC-2). Se observan una serie de escarpas arqueadas cóncavas hacia abajo (EsAC), en donde las más distales al cañón principal están unidas a surcos provenientes del talud superior. Perfil A-A': Morfometría de las escarpas arqueadas y cóncavas hacia abajo (EsAC). C) Imagen de detalle del canal axial. Notar que en la base de las quebradas se acumula material conformando un lóbulo (L). A la vez se observa una marcada incisión axial (IA) que culmina en una escarpa pronunciada (EsCa). Exageración vertical: 3. EsAC: Escarpa arqueada y cóncava hacia abajo, EsA: Escarpa arqueada, EsCa: Escarpa canal axial, OS: Ondas de sedimento, DG: Depósito de gravedad, Q: Quebrada, L: Lóbulo, IA: Incisión axial, VC: Valle colgante, ER: Estructura rocosa, D: Depresión, Kp: Knickpoint. Base de datos: datos batimétricos propios..... 109

Fig. 79: Sector inferior del Cañón Sloggett. A) Mapa batimétrico. B) Mapa de pendiente. C) Mapa de reflectividad. D) Imagen con perspectiva en 3D para resaltar la morfología. La exageración vertical es de 3. C-4 a 6: Curvas 4,5,6, BC- 3: Brazo del cañón 3, ER: Estructura rocosa, Kp: Knickpoint, EsA: Escarpa arqueada, EsL: Escarpa Linear, Q: Quebradas, MS: Monte Submarino, F: Fosa (moat), L: Lóbulo, DR: Depósito de textura rugosa, Th: Thalweg. Base de datos de mayor resolución: datos propios, menor resolución: GEBCO (v.2022)..... 111

Fig. 80: A) Mapa de pendientes del sector II A. Se distinguen surcos paralelos a oblicuos al talud. Es1: Escarpa 1. B) Mapeo de surcos y depresiones, con un cuadro de detalle de un sector específico. C y D) Gráfico de rosas de los surcos y depresiones en donde se resalta con color rojo la dirección predominante. E) Perfil de los surcos y de la escarpa. Base de datos de mayor resolución: datos propios, menor resolución: GEBCO (v.2022)..... 112

Fig. 81: Perfiles sísmicos de alta resolución obtenidos con el perfilador de subfondo. Se observan distintas morfologías siendo: A) Depresión rellenada por una reflexión de alta amplitud (HAR), B) Surco con un perfil en 'V' bien marcado, y el restante con una reflexión transparente rellenándolo parcialmente, C) Surcos cubiertos por una reflexión acústicamente caótica. TWT: Doble tiempo de viaje. La ubicación de los perfiles se encuentra en la Fig. 80..... 113

Fig. 82: Mapa batimétrico mostrando los surcos en los sectores Oeste y Este por fuera del Cañón Burdwood. Las figuras A y B representan el sector Oeste, mientras que C y D al Este. Notar la mayor densidad de surcos con respecto a la subzona 2a del interfluvio Sloggett. E y F) Gráficos de rosas de los surcos y depresiones, con una diferencia en su dirección predominante de ~90°. G) Detalle de una zona de surcos en donde se visualiza la geometría en 'chevron'. AR: Artefactos. Base de datos de mayor resolución: datos propios, menor resolución: GEBCO (v.2022). 114

Fig. 83: A) Mapa batimétrico del sector geomorfológica II B. Notar como la escarpa 1 (Es1) marca el límite entre los dominios de los surcos paralelos de los perpendiculares (rills). Estos surcos se unen al brazo 2 del cañón Sloggett. B) Mapa de retrodispersión en donde se distinguen tres zonas de muy baja (ZMR) a baja reflectividad (ZBR). AR: Artefactos. Base de datos de mayor resolución: datos propios, menor resolución: GEBCO (v.2022)..... 115

Fig. 84: A) Mapa batimétrico del sector del interfluvio II D. Observar la presencia de surcos longitudinales que tienden a seguir a las isóbatas. B) Mapa de pendientes. El extremo superior de los surcos posee un gran pendiente, mientras que el lado más profundo es más planar. C) Perfil de los surcos longitudinales. Base de datos: datos batimétricos propios. 115

Fig. 85: Mapa batimétrico de la sección 3. Se observa una acumulación de material a la salida de los cañones Sloggett y Valentín. Notar que su mayor espesor se encuentra más cercano al pie del Cañón Valentín. AS: Acumulación sedimentaria, AR: Artefacto. Base de datos: Grilla GEBCO (v.2022) y datos batimétricos propios. 116

Fig. 86: Mapa geomorfológico de la zona de estudio local. Las isóbatas se presentan cada -100 m, resaltándose la de -1000,-2000, -3000,-4000 m. 117

Fig. 87: Tipos de ecofacies (EF) presentes en la zona de estudio. 118

Fig. 88: A) Mapa de la zona de estudio con la ubicación de las líneas sísmicas de alta resolución analizadas. B) Distribución de las ecofacies (EF). C) Mapa de distribución de facies acústicas. La figura del recuadro indica las zonas geomorfológicas descritas en el capítulo 4.	119
Fig. 89: Sísmicas de alta resolución en el sector superior del Cañón Sloggett. Perfil 1) Flanco Oeste. Perfiles 2 y 3) Flanco Este. Notar las diferencias deposicionales entre ambos flancos. EF: Ecofacies.....	120
Fig. 90: Sísmica de alta resolución del canal axial. EF: ecofacies. TWT: Tiempos dobles. VE: Exageración vertical.	121
Fig. 91: Sector II A con predominio de la Ecofacies 1 (EF1). TWT: Tiempos dobles. VE: Exageración vertical.....	122
Fig. 92: Sector II B con predominancia de ecofacies (EF) 4 y 6. TWT: Tiempos dobles. VE: Exageración vertical.	123
Fig. 93: Sísmicas de alta resolución en la terraza intermedia. ER: Estructura rocosa, EsA: Escarpa arqueada. EF: Ecofacies. TWT: Tiempos dobles. VE: Exageración vertical.	124
Fig. 94: Sísmicas de alta resolución en el sector II D. h: altura de la ondula, λ : longitud de onda. EF: Ecofacies. TWT: Tiempos dobles. VE: Exageración vertical.....	125
Fig. 95: Sísmica de alta resolución en la sección 3. Notar la geoforma monticular que se encuentra próxima a la fosa. Los surcos formados alrededor de los montes submarinos (MS) acrecientan la morfología monticular. EF: Ecofacies. TWT: Tiempos dobles. VE: Exageración vertical.....	126
Fig. 96: Bloque 3D integrando la batimetría multihaz con el mapa de pendientes superpuesto y la línea sísmica multicanal, TM9, atravesando en dirección NO-SE al Cañón Sloggett. En el único sector que atraviesa al valle principal, se observa como el cañón incide sobre las dos unidades U1 y U2. También se distingue que la estructura rocosa corresponde a un alto estructural. El recuadro naranja indica la ubicación de la Fig. 92 perfil 7, en donde se puede visualizar la alta definición del SBP para las capas superiores. TWT: Tiempos dobles.....	127
Fig. 97: Bloque 3D integrando la batimetría multihaz con el mapa de pendientes superpuesto y la línea sísmica multicanal, TM10, atravesando en dirección SO-NE a la cabecera del Cañón Sloggett. Notar como el basamento acústico aflora en la zona del cañón, mientras que por fuera se encuentra cubierto por una leve capa de sedimento correspondiente a la EF1 (Fig. 91 , perfil 5). TWT: Tiempos dobles.....	128
Fig. 98: Bloque 3D integrando la batimetría multihaz con el mapa de pendientes superpuesto y la línea sísmica multicanal, TM11, atravesando en dirección N-S al sector del margen al sur de la Isla de Los Estados. Notar como la Escarpa Isla de los Estados (EIdLE) es generada por una falla normal. En el sector de la terraza intermedia se halla un alto estructural que genera dos cuencas en donde se depositó la U1. TWT: Tiempos dobles.	129
Fig. 99: Bloque 3D integrando la batimetría multihaz con el mapa de pendientes superpuesto y la línea sísmica multicanal, TM8, atravesando en dirección N-S al sector del margen en donde se ubica el Cañón Valentín. Notar como el cambio de rumbo de este cañón se debe a la presencia de un alto estructural del basamento acústico. La flecha blanca indica la presencia de una escarpa producto de la falla. TWT: Tiempos dobles.	130
Fig. 100: Mapa batimétrico con la ubicación de los testigos sedimentarios marinos en el anfiteatro-5. Clasificación de las muestras de los testigos GC9 y GC10 según el triángulo de Shepard. Observar la leve distribución granulométrica en el AU_GEO0_GC10.	131
Fig. 101: Testigo AU_GEO0_GC9 con fotografía, curvas granulométrica y de susceptibilidad magnética, y especie dominante nanocalcárea. Arc: Arcilla.....	133
Fig. 102: Testigo AU_GEO0_GC10 con fotografía, tomografía, curvas granulométrica y de susceptibilidad magnética con sus tres picos (p1-3), y especie dominante nanocalcárea. Notar	

que el p1 y p3 coinciden con un aumento en el porcentaje de arena, mientras que en el p2 y p3 hay presencia de hematita. Cuadro de porcentajes de arcillas (Arc): Sm: Esmeclita, I-M: Illita-Moscovita, Chl: Clorita.	135
Fig. 103: Mineralogía del grano suelto en la fracción arena bajo lupa binocular en las submuestras de los 3 cm (A) y 204 cm (B) del testigo AU_GEO0_GC10. Se observa solamente la parte terrígena ya que la parte biogénica fue removida con HCl. Las muestras poseen una composición similar en profundidad con un gran predominio del cuarzo, y se destaca la presencia de posiblemente vidrio volcánico en la submuestra de los 204 cm.	136
Fig. 104: Tomografía computada del testigo AU_GEO0_GC10. En los primeros tres tramos (de 0 a 245 cm) el análisis fue realizado a testigo abierto y a mayor resolución, mientras que los siguientes tres tramos (de 245 a 548 cm) el análisis se realizó a testigo cerrado y a menor resolución.	136
Fig. 105: Muestras obtenidas del box corer y draga. Se observa la variación granulométrica a lo largo de la zona de estudio. En el área de plataforma predomina el material biogénico. En la sección II C, terraza intermedia, se hallaron los varios clastos mayores a 2 cm (E22, E28). Los porcentajes de arcilla (Arc). limo (Lim) y arena (Ar) están recalculados en base a un tamaño <2000 µm, y fueron ploteados en el triángulo de Shepard. La E7, E9, E22, E28 y E29 caen en el campo de la arena, mientras que la E9 cae en el campo de limo arenoso. Los porcentajes mayores a 500 µm están calculados en %/peso. LG: Limo grueso, AMF: Arena muy fina, AF: Arena fina, AG: Arena gruesa, AMG: Arena muy gruesa, S: Sábulo, G: Guija.	139
Fig. 106: Muestra superficial del E9. Se observa la predominancia del material biogénico (foraminíferos, fragmentos de corales, espículas, ostrácodos) sobre el terrígeno (mayoritariamente cuarzo). Los foraminíferos presentan una muy buena conservación mientras que los restantes materiales se hallan fragmentados.	140
Fig. 107: Ubicación de los testigos de gravedad y de caja obtenidos del flanco Este y sector II A. Se detallan fotografías de los primeros 20 cm de algunos de ellos. Observar cómo cambia el color y la granulometría entre los testigos 12bis, 16bis, y 20bis ubicados en distintos anfiteatros. Arc: Arcilla, Lim: Limo, Ar: Arena, AG: Arena gruesa, AMF: Arena muy fina, LM: Limo medio. Los porcentajes de arcilla/limo/arena están recalculados en base a un tamaño <2000 µm. En el triángulo de Shepard las muestras caen en el campo arenoso: 51, campo arena limosa: 12bis, campo limo arenoso: 16bis y 20bis. La muestra 9 se ubica en el canal axial.	140
Fig. 108: Grilla de retrodispersión 75 x 75 m realizada con el módulo SIPS (grilla base) a la cual se le realizó una clasificación supervisada de 4 grupos, y otra clasificación no supervisada usando K-means de Rubin (1967). Notar como cambia el agrupamiento en cada una de ellas, siendo la clasificación no supervisada la que mejor agrupa más píxeles dentro de una misma categoría. BK: Backscatter, ZMR: Zona de muy baja reflectividad.	142
Fig. 109: Grilla de retrodispersión utilizando la clasificación no supervisada k-means de Rubin (1967) con la ubicación de las muestras geológicas.	143
Fig. 110: Tabla de valores promediados de retrodispersión en un radio de 100 m alrededor del sitio de muestreo, con la clasificación granulométrica de la muestra superficial, la ubicación geomorfológica, su ecofacies correspondiente y la pendiente de la zona. A la derecha se muestran tres gráficos de dispersión comparando el porcentaje de la fracción arena con línea divisoria a los -25 dB, la pendiente con línea divisoria a los 7°, y las ecofacies (EF) versus los valores de dB. Con círculo rojo se indican algunas excepciones a la tendencia general. Anf: anfiteatro.	143
Fig. 111: Velocidades y patrones de circulación de las corrientes de fondo en el extremo occidental de Mar del Scotia y MCTdF, confeccionado a partir de datos de la red Copernicus. A) Representa el promedio de las corrientes de fondo en el periodo total de toma de datos. Se	

distinguen 3 ramificaciones de la corriente proveniente del sector pacífico: rama 1 con el aporte de aguas 1a y 1b (deshielo), la rama 2 con su parte superior (2s) e inferior (2i), y la rama 3 que circula por encima del espolón TdF. B) Promedio de las corrientes de fondo en un periodo de 10 años. En ambos periodos de tiempo (28 y 10 años) no se observan cambios notorios de las velocidades de fondo. Base de datos: Modelo GLORYS12V1. 145

Fig. 112: Velocidades de corriente de fondo obtenidas de la base de datos de la red Copernicus. La figura A y B muestra mayores velocidades en el mes de enero con respecto al mes de julio para la zona marcada con una elipse roja. En la figura C y D se da el fenómeno inverso, con mayores velocidades para el mes de julio con respecto al de enero. Las figuras E y F muestran el promedio de 5 años para ambos meses, en donde se puede observar una similitud en las velocidades en ambos periodos. Base de datos: Modelo GLORYS12V1. 146

Fig. 113: A) Distribución de los CTDs de la base de datos 'World Ocean Database'. B) Determinación de cada masa de agua a partir de sus parámetros físicos obtenidos de la bibliografía. Las líneas blancas punteadas delimitan aproximadamente la zona de influencia de cada masa de agua. Notar que la distribución irregular de algunas masas de agua se debe a que algunos CTDs no fueron desplegados hasta la profundidad máxima de ese punto. Observar el paso hacia el norte a través del estrecho de Le Maire (ELM) de la masa de agua subantártica (SAAW), y del paso hacia el norte (al este de la Isla de Los Estados) de la masa de agua antártica intermedia (AAIW). UCDW: masa de agua circumpolar profunda superior, LCDW: masa de agua circumpolar profunda inferior, Indef: Indefinida. Base de datos: Modelo GLORYS12V1, batimetría GEBCO (v.2022), y datos batimétricos propios. 148

Fig. 114: Zona de influencia de las masas de agua respecto a los cañones Sloggett y Valentín. Las velocidades más elevadas se hallan en el sector somero (plataforma) afectando la zona de la cabecera del Cañón Sloggett y correspondiéndose con la masa de agua subantártica (SAAW). 1: rama 1, 2s: rama 2 superior, 2sp: rama 2 superior profunda, 2i: rama inferior, AAIW: masa de agua antártica intermedia, UCDW: masa de agua circumpolar profunda superior, LCDW: masa de agua circumpolar profunda inferior, AABW: masa de agua antártica profunda. Base de datos: Modelo GLORYS12V1, batimetría GEBCO (v.2022), y datos batimétricos propios. 148

Fig. 115: A) Mapa de velocidades de corriente superficial. B) Mapa de velocidades de corriente profunda. Se observa una corriente proveniente del Canal Beagle, y un aporte de agua en el sector sur de la isla Navarino probablemente de origen glacial. Base de datos: Modelo GLORYS12V1, batimetría GEBCO (v.2022), y datos batimétricos propios. 149

Fig. 116: A) Mapa de velocidades de fondo en donde se destacan cambios de direcciones en los vectores de corriente al atravesar el sector superior y medio del cañón. Estos cambios son más notorios en la zona de cabecera en donde se suma la influencia del sector costero y configuración del propio margen continental que aportan a los cambios de direcciones. B) Mapa de velocidades superficiales en donde se observa el mismo evento para estas corrientes, lo que indicaría una perturbación de toda la columna de agua en los sectores superior y medio del cañón. CB: Canal Beagle. C) Perfil de velocidades de corriente profunda. Notar que el propio dato no llega hasta la base del cañón, sin embargo, se observa la disminución de las velocidades. Los círculos rojos indican zonas de cambios notorios de las direcciones de los vectores. Base de datos: Modelo GLORYS12V1, batimetría GEBCO (v.2022), y datos batimétricos propios. 150

Fig. 117: A) Mapa de velocidades de fondo en donde se destacan cambios de direcciones en los vectores de corriente al atravesar el sector medio e inferior del Cañón Sloggett, y Cañón Valentín (CV). Notar los cambios de direcciones en la parte inferior que podría estar indicando una captura de la corriente de fondo por parte del cañón. B) Mapa de velocidades superficiales en donde no se observa un cambio de direcciones para el sector inferior, lo que indicaría que la perturbación provocada por el cañón para las aguas profundas no se extiende hacia sectores

más superficiales. C y D) Perfiles del Cañón Sloggett en donde se observa la disminución de las velocidades para los sectores medios e inferior. Los círculos rojos indican zonas de cambios notorios de las direcciones de los vectores. Base de datos: Modelo GLORYS12V1, batimetría GEBCO (v.2022), y datos batimétricos propios.	151
Fig. 118: Mapa de velocidades de fondo y batimetría de la zona de estudio local con ubicaciones de los CTDs (círculos naranjas). Además de las altas magnitudes en el área de plataforma, notar los altos valores de velocidades en el sector II C (terrazza intermedia) y II D (talud inferior) (perfil A-A'). En esta figura se utilizó un rango de velocidades menor (de 0 a 15 cm/s) que las figuras anteriores. Base de datos: Modelo GLORYS12V1, batimetría GEBCO (v.2022), y datos batimétricos propios.	152
Fig. 119: Perfiles A-A' de la sección Interfluvio. Se visualizan los 4 parámetros físicos para identificar las masas de agua de la región y sus profundidades de influencia. Los valores de cada parámetro fueron obtenidos de la Tabla 10 . La ubicación del perfil A-A' se halla en la Fig. 118 . Las líneas verticales negras son las ubicaciones de los CTDs tomados de la Base de Datos mundial del Océano (WOD). Los puntos rojos en los extremos de las líneas verticales negras indican hasta que profundidad fueron desplegados los CTDs.	153
Fig. 120: Datos de direcciones en profundidad de las masas de agua para las líneas de ADCP 1, 2, y 3. Notar la dirección hacia el NNO y NNE en las líneas 1 y 2. En la línea 3, la cual toma valores dentro de la cabecera del Cañón Sloggett, las direcciones más superficiales poseen una dirección hacia el SO y van cambiando en forma antihorario en profundidad. La longitud de los vectores de velocidad dentro de la misma figura indica mayor velocidad (más largo) o menor velocidad (más corto). Las isóbatas fueron confeccionadas con la grilla GEBCO (v.2022). CB: Canal Beagle, BS: Bahía Sloggett. Los números en las líneas indican los ensambles.	156
Fig. 121: Datos de direcciones en profundidad de las masas de agua para las líneas de ADCP 4, 5, 6, y 7. Notar como las direcciones de la línea 4, en el área de los canales tributarios, son para el SO y O. En las líneas 5 y 6 no se observa un cambio notorio ni en las direcciones ni en las velocidades al pasar por el anfiteatro 5. El rectángulo rojo indica las profundidades de fondo para el área por fuera del anfiteatro 5 que involucra a la ZMR: Zona de muy baja reflectividad. En la línea 7, la isóbata de -500 m divide a los sectores II A y II B. Las isóbatas fueron confeccionadas con la grilla GEBCO (v.2022). La longitud de los vectores de velocidad dentro de la misma figura indica mayor velocidad (más largo) o menor velocidad (más corto). Los números en las líneas indican los ensambles.	157
Fig. 122: Perfiles longitudinales de Subzona 1 vs Subzona 2. Notar la predominancia convexa de los perfiles de la Subzona 2.	160
Fig. 123: Distancia de las cabeceras de los cañones Sloggett y Valentín con la línea de costa más cercana. Notar como el canal axial del Cañón Sloggett posee una dirección similar a la del río López.	161
Fig. 124: Mediciones de corrientes de fondo y superficiales obtenidas del modelos GLORYS12V1 para el día de la adquisición de los registros de ADCP, 12 de septiembre del 2017. Notar las altas velocidades de ~60 cm/s en la zona de la cabecera del cañón. La dirección predominantes es hacia el NE/ENE. Observar la disminución de velocidades y las direcciones de la corriente profunda dentro del cañón con respecto a la superficial. CB: Canal Beagle, BS: Bahía Sloggett.	162
Fig. 125: Sector superior del Cañón Sloggett con los canales tributarios con el mismo nivel de base que el canal axial y los ploughmarks por fuera del cañón (imagen arriba). La imagen de abajo muestra las direcciones de los vectores en un periodo de 10 años obtenidas del modelo GLORYS12V1. El diagrama de rosas indica las tres direcciones predominantes de los tributarios.	163

Fig. 126: Fallas de pendiente en los sectores superior, medio e inferior del Cañón Sloggett. Estas son responsables del crecimiento en achura durante el presente periodo de mar alto. EsA: Escarpa arqueada, EsL: Escarpa Lineal.	165
Fig. 127: Procesos gravitacionales desarrollados a partir de una falla de pendiente. Notar como un deslizamiento o derrumbe puede transformarse en un flujo turbidítico. Modificado de Covault et al. (2011).	166
Fig. 128: Ubicación de los testigos sedimentarios en las líneas sísmicas de alta resolución. EF: Ecofacies. VE: Exageración vertical. TWT: Tiempos dobles.	167
Fig. 129: Modelo de flujo turbidítico con dominios subcríticos y supercríticos. Modificado de Cartigny et al. (2011). Fr: número de Froude.....	168
Fig. 130: Modelo de crecimiento para el sector inferior del Cañón Sloggett. Los surcos con erosión más localizada se unen por la acción erosiva de la masa de agua circumpolar profunda inferior (LCDW) y por erosión retrogradante para formar una quebrada. El recuadro rojo indica la etapa D del modelo.	169
Fig. 131: A) Zona de estudio con los lineamientos propuestos a partir de los rasgos geomorfológicos evidenciados. Las escarpas lineales (EsL) presentes en los sectores inferiores de los cañones Sloggett y Valentín, junto a la gran incisión del sector medio, y la abrupta pared del canal axial en el sector superior serían evidencias de esta zona de debilidad. Los gráficos de rosas señalan las direcciones principales de cada tramo y cañón total, con las direcciones remarcadas correspondientes al Lineamiento Sloggett y al Sistema de Fallas Canal Beagle (SFCB). El SFCB se la vincula con las escarpas Es1 y Es2. B) Continuación del lineamiento en el sector emergido de la Bahía Sloggett, el cual separa a la formaciones Yaghán y Lemaire.	171
Fig. 132: Configuración tectónica regional actual del extremo noroccidental Mar del Scotia. Notar como los lineamientos de dirección NO-SE generados en la Dorsal Occidental de Scotia se extenderían hasta la Isla Grande Tierra del Fuego (IGTdf). CB: Canal Beagle, SFMF: Sistema de Fallas Magallanes-Fagnano, BB: Banco Burdwood, ZFS: Zona de Fractura de Shackleton, IdLE: Isla de Los Estados. El lineamiento onshore fue tomado de Rossello et al. (2004), las Zonas de Fractura de Lodolo et al. (2006), la Dorsal Occidental de Scotia de Eagles et al. (2005) y los límites de placas de Esteban et al. (2012).	172
Fig. 133: A) Imagen satelital obtenida de Bing Maps del área de la Bahía Sloggett (BS). Se observa la morfología actual con el río López de orientación predominante NO-SE y varias lagunas desarrolladas en el área de turbas. B) Mapa geomorfológico en donde se resaltan los rasgos vinculados a una actividad reciente del Lineamiento Sloggett: meandros truncados, las fallas de escarpas, y las lagunas alineadas. Se señalan los sitios datados por Rabassa et al. (2004). AP: Años antes del presente. C) Fotografía del sector oriental de la bahía. Los cambios de la vegetación a lo largo de la zona de falla con respecto al resto de la bahía indica una diferencia en el drenaje. Por detrás, se observan afloramientos correspondientes con la Fm. Lemaire.	173
Fig. 134: Ubicación de los sismos registrados entre 1999-2020 para los sectores emergidos y sumergidos (Sabbione et al. 2007,2017; Connon et al. 2021). Notar la mayor cantidad de ocurrencias en la zona onshore del Sistema de Fallas Magallanes – Fagnano (SFMF). En dirección NO-SE se puede asociar una alineación de los eventos vinculados a pulsos de reactivación del Lineamiento Sloggett (LS). Los círculos blancos indican sismos cuya magnitud y profundidad no se poseen datos. Observar que en el sector de cabecera del Cañón Sloggett cuenta con dos sismos posiblemente asociados a procesos de deslizamientos.....	174
Fig. 135: Modelo esquemático de la formación de una marca de arado producto del paso de un témpano. En ciertos sitios se da un estancamiento del témpano desarrollando una depresión y un albardón para lograr destrabarse hacia un sector más profundo y continuar su deriva. Se genera una marca de arado en ‘chevrón’. C.O.: Corriente oceánica.	175

Fig. 136: Modelo esquemático propuesto para la evolución del Cañón Sloggett. A) Inicio de incisión: Surcos perpendiculares al talud se generan en las zonas de mayor pendiente del margen como consecuencia de la erosión provocada por el transporte de sedimento hacia abajo. C.O: Corrientes oceánicas, R.L: Río López LS: Lineamiento Sloggett, SFCB: Sistema de Fallas Canal Beagle. B) Etapa de cañón ciego: La incisión crece en tamaño, erosionando las zonas de debilidad dada la presencia del Lineamiento Sloggett (LS). En esta etapa comienza a actuar en simultáneo la erosión retrogradante a partir de fallas de pendiente. BS: Bahía Sloggett. C) Incisión en plataforma: Las glaciaciones que afectan a la zona durante el Pleistoceno generaron nuevas fuentes de aporte y una mayor tasa de aporte sedimentario. El cañón logra incidir la plataforma conectándose con el río López. MLL: Monte Lucio López. D) Crecimiento actual: Durante el actual periodo de mar alto, el cañón sigue estando activo dada la actividad de las corrientes oceánicas en el sector de los canales tributarios y posiblemente siga percibiendo un aporte de sedimento desde una fuente fluvial en las estaciones de primavera-verano. La erosión retrogradante, flujos turbidíticos, y erosión localizada de las corrientes oceánicas generan los mecanismos de crecimiento actual en los tres sectores del cañón. AA: Abanico aluvial, EsL: Escarpa Lineal, S.P: Surcos perpendiculares, S.L: Surcos longitudinales, EsA: Escarpa arqueada, Q: Quebrada. SAAW: Masa de Agua subantártica, AAIW: Masa de Agua Antártica Intermedia, UCDW: Masa de Agua circumpolar profunda superior, LCDW: Masa de Agua circumpolar profunda inferior. 178

Índice de Tablas

Tabla 1: Ubicación de las muestras estudiadas. GC: Gravity Core, DAi: Draga inicio del arrastre, DAf: Draga final del arrastre, BC: Box core. Las que poseen la abreviación GEO0, fueron adquiridas en la campaña YTEC-GTGM0, mientras las que no lo poseen fueron adquiridas en la campaña Yaganes.....	68
Tabla 2: Análisis realizados a cada muestra sedimentaria.....	77
Tabla 3: Divisiones realizadas en la zona de estudio regional.	82
Tabla 4: Divisiones realizadas en la zona de estudio local.	82
Tabla 5: Parámetros morfométricos principales de los cañones de la Subzona 1.	88
Tabla 6: Parámetros morfométricos del Cañón Sloggett para el sector superior (cabecera + cañón superior), sector medio, sector inferior, y cañón completo. La definición de cada parámetro fue realizada en el capítulo de Materiales y Métodos.	98
Tabla 7: Tabla morfométrica de los surcos en el sector II A, y sector del Cañón Burdwood (CB), MC: Margen continental.	112
Tabla 8: Ubicación y detalle de los testigos sedimentarios marinos del anfiteatro-5.	131
Tabla 9: Especies y cantidades de nanofósiles calcáreos en el testigo AU_GEO0_GC10 tomado de Calvo Marcilese et al. (2021). Observar la variación en profundidad de especímenes de <i>Emiliana huxleyi</i> y <i>Gephyrocapsa</i> spp.	137
Tabla 10: Parámetros físicos y profundidades obtenidas de la bibliografía, junto a la asignación de las ramificaciones de las masas de agua. SAMW: masa de agua subantártica modificada, SAAW: masa de agua subantártica, AAIW: masa de agua antártica intermedia, UCDW: masa de agua circumpolar profunda superior, LCDW: masa de agua circumpolar profunda inferior, AABW: masa de agua antártica profunda.	147
Tabla 11: Tabla morfométrica de los ploughmarks de la zona de tesis, Margen Continental Argentino, y del hemisferio norte. Los ploughmarks medidos en el Mar del Norte corresponden a paleoploughmarks determinadas a partir de líneas sísmicas.	175

Plan de la Memoria

Se presenta un volumen de tesis doctoral dividido en 5 partes.

La Parte I corresponde al encuadre general, que contiene dos capítulos. El **Capítulo 1 Introducción** presenta el área de estudio, enumera los principales estudios previos realizados en el área y expone los objetivos del presente trabajo. En el **Capítulo 2 Marco geológico-oceanográfico** se describe la geodinámica de la región, las masas de agua que transitan en la región, y las extensiones de las glaciaciones que afectaron la zona de estudio.

La Parte II corresponde a metodologías y datos utilizados, que contiene el **Capítulo 3 Materiales y Métodos**, en el cual se explica los fundamentos de cada uno de los métodos utilizados durante este trabajo, para obtener y conformar la base de datos de este estudio. Se hace un detalle de la base de datos previas, pública, y la adquirida durante las campañas oceanográficas. Luego se realiza una descripción del flujo de trabajo, en el cual se incluye el tratamiento de los datos utilizados.

La Parte III corresponde a resultados, la cual se divide en tres capítulos. En el **Capítulo 4 Geomorfología** se realiza una descripción de la geomorfología y parámetros morfométricos del Sistema de Cañones Submarinos Tierra del Fuego, haciendo hincapié en el Cañón Submarino Sloggett e interfluvio con el Cañón Submarino Valentín. En el **Capítulo 5 Facies acústicas y sedimentarias**, se interpretan las líneas sísmicas de alta resolución y se realiza un mapa de ecofacies. Se presentan las muestras obtenidas en la zona y se confeccionan distintos análisis sobre las mismas: granulometría, bioestratigrafía, arcillas. En el **Capítulo 6 Corrientes de fondo** se detallan las masas de aguas que transitan la zona y su interacción con el Cañón Sloggett.

La Parte IV corresponde a discusiones, la cual contiene un solo capítulo. **Capítulo 7 Discusión**, se discuten los resultados expuestos en la parte III. Se analiza la geomorfología y se plantean los procesos sedimentarios que las generaron. A la vez, se discute la actividad de los cañones del Sistema Tierra del Fuego, y se analizan los mecanismos de crecimiento actual del Cañón Sloggett. Se presenta un modelo evolutivo del cañón.

La Parte V corresponde a la conclusiones principales y referencias bibliográficas, la cual contiene dos capítulos. El **Capítulo 8 Conclusiones** enumera y sintetiza las principales conclusiones de este trabajo, el aporte de conocimiento realizado en la zona, y se plantean propuestas a futuro. El **Capítulo 9 Referencias citadas** lista cada uno de los trabajos citados en este manuscrito.

Lista de acrónimos

AABW: Masa de Agua Antártica Profunda

AAC: Corriente Circumpolar Antártica/*Antarctic Circumpolar Current*

AAIW: Masa de Agua Antártica Intermedia/*Antarctic Intermediate Water*

ADCP: Perfilador de Corriente Acústico Doppler/*Acoustic Doppler Current Profiler*

BOA: Buque Oceanográfico Austral

CBW: Masa de Agua Circumpolar de Fondo/*Circumpolar Bottom Water*

CDW: Masa de Agua Circumpolar Profunda/*Circumpolar Deep Water*

CMEMS: Servicio de Monitoreo del Ambiente Marino de Copernicus/*The Copernicus Marine Environment Monitoring Service*

CONICET: Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas

CONVEMAR: Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar

CSS/CS: Cañón Submarino Sloggett/Cañón Sloggett

CTD: Conductividad, Temperatura, Profundidad/*Conductivity, Temperature, Depth*

DNS: Dorsal Norte del Scotia

DOS: Dorsal Occidental del Scotia

DSS: Dorsal Sur del Scotia

ETdF: Espolón Tierra del Fuego

FONIPROMAR: Fondo Nacional para la Investigación e Innovación Productiva de los Espacios Marítimos Argentinos

GEBCO: La Carta Batimétrica General de los Océanos/*The General Bathymetric Chart of the Oceans*

GMRT: Topografía de Resolución Múltiple Global/*Global Multi-Resolution Topography*

GTGM: Grupo de Trabajo de Geología Marina

HAR: Reflector de alta amplitud/*High Amplitude Reflector*

IGTdF: Isla Grande Tierra del Fuego

IdLE: Isla de los Estados

LCDW: Masa de Agua Circumpolar Profunda Inferior/*Lower Circumpolar Deep Water*

mbnm: metros bajo el nivel del mar

m axial: metros de profundidad axial

MCA: Margen Continental Argentino

MCTdF: Margen Continental de Tierra del Fuego

MRU: Unidad de Referencia del Movimiento/*Motion Reference Unit*

SAAW: Masa de Agua Subantártica/*Subantarctic Water*

SAMW: Masa de Agua Subantártica Modificada/*Subantarctic Mode Water*

SASW: Masa de Agua Superficial Subantártica/*Subantarctic Surface Water*

SBP: Perfilador Sísmico de Alta Resolución/*Sub-bottom Profiler* // Sísmica somera de alta resolución.

SCSTdF/SCTdF: Sistema de Cañones Submarinos de Tierra del Fuego/ Sistema de Cañones Tierra del Fuego

SFCB: Sistema de Fallas Canal Beagle

SFMF: Sistema de Fallas Magallanes-Fagnano

TWT: Doble tiempo de viaje/*Two Way Travel Time*

UCDW: Masa de Agua Circumpolar Profunda Superior/*Upper Circumpolar Deep Water*

UNHIDO: Unidad de Investigaciones Hidro Oceanográficas

WOD: Base de datos Global del Océano/*World Ocean Database*

Y-TEC: YPF Tecnología S.A.

ZFS: Zona de Fractura Shackleton

Glosario geomorfológico: Inglés-Español

Berms: Albardones

Contourite: Contornita

Grounding pit: pozo/depresión.

Gully: Quebrada

Furrow: Surco

Knickpoint: desnivel

Moat: Fosa

Seamount: Monte submarino

Ploughmarks: Marcas de arado

Rills: Surcos de escurrimiento

Scar: Cicatriz

Scarp: Escarpa

Scour: Rasgo erosivo

Tributary: Tributario

PARTE I
Encuadre General

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Zona de Estudio

El estudio geofísico de esta tesis doctoral se presenta con dos escalas de trabajo: una regional y otra local. La zona de estudio regional se ubica en el Margen Continental de Tierra del Fuego (MCTdF), situado en el extremo noroccidental del Mar del Scotia (Fig. 1). En esta región coexisten dos tipos de márgenes continentales asociados a dominios tectónicos diferentes: por un lado, el margen pasivo que se extiende desde el Espolón Tierra del Fuego (ETdF) hasta el Cañón Submarino Sloggett (también conocido como Cañón Sverdrup, *IHO-IOC GEBCO*, 2022); y por el otro lado, el margen pasivo-cizallado/combinado que se extiende desde el Cañón Submarino Valentín hasta el Banco Burdwood (Esteban 2013; Grunfeld 2016; Violante et al. 2017; Esteban et al. 2018, COPLA 2017). La zona de estudio local se ubica en el dominio de transición entre estos dos márgenes, en donde se da el cambio de dirección del margen de SO-NE a OSO-ENE (Fig. 1). En este sitio de transición se ubica el Cañón Submarino Sloggett, el cual comprende el principal foco de estudio de esta tesis doctoral, junto a una pequeña porción *onshore* en la Bahía Sloggett, en donde se destaca la presencia del río López y del monte Lucio López (Fig. 1).

Geográficamente, la zona de estudio local se halla entre las longitudes -66.150° / -64.366° y latitudes -54.900° / -55.9166° , en la salida oriental del Canal Beagle al sur de la Isla Grande de Tierra del Fuego (IGTdF). Este sector abarca desde la parte emergida de la Bahía Sloggett, pasando por la plataforma y talud continental hasta la emersión continental a los -3800 m, en donde se encuentra la Cuenca de Yaganes.

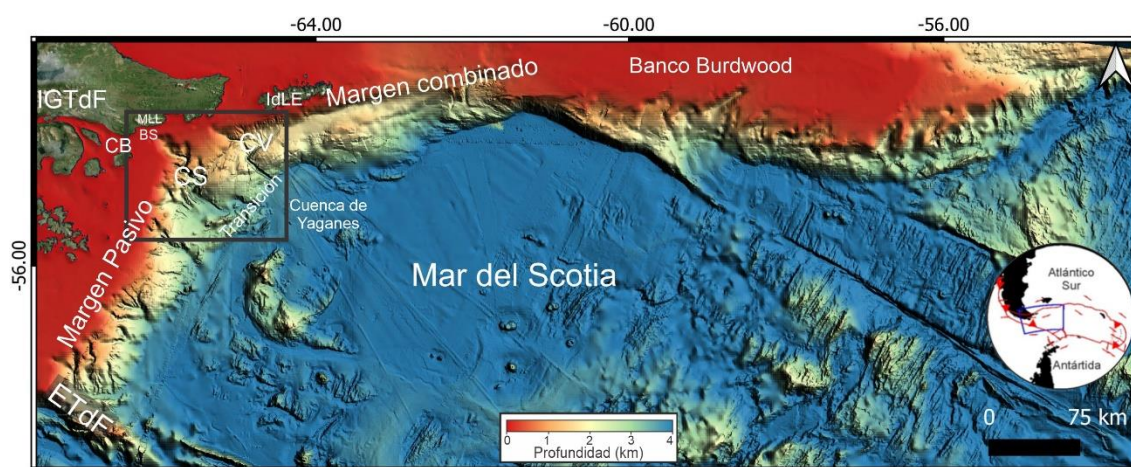


Fig. 1: Mapa batimétrico del extremo noroccidental del Mar del Scotia confeccionado a partir de la grilla GEBCO (v. 2022) y de imágenes satelitales de la plataforma Bing para el área emergida. Se detallan los dos tipos de márgenes (dominios tectónicos) que conforman el Margen Continental de Tierra del Fuego, ubicados desde el Espolón Tierra del Fuego (ETdF) hasta el extremo oriental del Banco Burdwood, los cuales comprenden a la zona de estudio regional. El recuadro negro indica la zona de estudio local ubicada en la transición entre los dos dominios tectónicos, junto a una pequeña porción emergida en la Bahía Sloggett (BS). CB: Canal Beagle, CS: Cañón Sloggett, CV: Cañón Valentín, ETdF: Espolón Tierra del Fuego, IdLE: Isla de los Estados, IGTdF: Isla Grande de Tierra del Fuego, MLL: Monte Lucio López.

1.1.1 Antecedentes Generales

Los primeros antecedentes en el sector más austral del continente americano corresponden a las expediciones marítimas europeas del siglo XIX, las cuales, en el afán de obtener más recursos para sus respectivas coronas y buscar vías navegables que unan los océanos Atlántico y Pacífico, sirvieron para realizar las primeras descripciones regionales de la fisiografía y geología *onshore* del sector sur de la IGTdF y Archipiélago Fueguino. Así es que las primeras referencias a la zona corresponden a las expediciones del capitán Fitz Roy en 1827 y años más tarde, en 1846, con el

explorador y naturalista Charles Darwin, quien realiza las primeras observaciones geológicas en diversas islas del Archipiélago Fueguino. Cuatro décadas más tarde, en 1887, Popper realiza los primeros estudios específicos en el Canal Beagle y la zona interna cordillerana, conformando la mayor parte de la toponimia de los Andes Fueguinos, tales como las sierras de Lucio López, Península Mitre, etc, y a la vez evalúa los placeres auríferos en la Bahía Sloggett (Caminos et al. 1981). Luego, tuvieron lugar una serie de expediciones suecas, entre 1895 y 1903, comandadas por Nordenskjöld, cuya tripulación contaba con el que fuera el primer geólogo argentino: el alférez de marina José M. Sobral.

A partir del aumento del interés comercial en esta región austral de la Cordillera de los Andes, se realizaron más campañas en tierra que conllevaron a las primeras descripciones petrológicas y estructurales de la Cordillera Fueguina, tales como los aportes de Kranck (1932), Kleer (1934) y Borrello (1969). Sin embargo, a pesar de estos avances en los conocimientos geológicos *onshore*, todavía no se habían realizado descripciones o mapeo del fondo oceánico de esta región. El advenimiento de la teoría de deriva continental y tectónica de placas, a fines de los 60s y principios de los años 70s, generó un cambio rotundo en el paradigma de la época, a partir del cual se empezaron a realizar modelos evolutivos de los continentes. Esto conllevó a que se iniciaran las primeras investigaciones tectónicas del Arco del Scotia llevadas a cabo por el Observatorio Geológico Lamont-Doherty de la Universidad de Columbia de Estados Unidos con contribuciones de Ian Dalziel y otros autores, entre las que se encuentran Dalziel y Cortes (1973), Dalziel y Elliot (1973), Dalziel et al. (1974), Bruhn et al. (1978), Bruhn (1979), Dalziel y Palmer (1979), sirvieron para analizar, en una escala regional, el desmembramiento de Gondwana hacia el Triásico-Jurásico, y la migración de los distintos bloques continentales durante el Período Cretácico y la Era Cenozoica. Los buques utilizados para la recolección de datos sísmicos monocal y/o magnéticos eran de bandera estadounidense tales como ‘El Tanin’, ‘Robert D. Conrad’, ‘Vema’. A esto le siguieron varios trabajos hacia fines del siglo XX en adelante, también regionales, en donde se analizó la dinámica y tiempo de separación de IGTdF de la Península Antártica con la consecuente creación de la Placa de Scotia y apertura del Pasaje de Drake a partir de la Dorsal Occidental del Scotia (DOS) (Lodolo et al. 1997, 2006; Barker 2001; Eagles et al. 2005; Lagabriele et al. 2009; Lodolo y Tassone 2010; Vérard et al. 2012; Dalziel et al. 2013a; Eagles y Jokat 2014; Maldonado et al. 2015).

La única campaña de sísmica de reflexión multicanal (denominadas TESAC) llevada a cabo en el área de la tesis tuvo lugar en 1999, en una cooperación internacional entre Argentina e Italia, en donde se adquirieron datos del Margen Continental Fueguino y del Canal Beagle a bordo del buque argentino A.R.A Puerto Deseado con el fin de comparar la estructuración de los márgenes continentales conjugados de la DOS (Lodolo et al. 2006). Los esfuerzos por conocer más sobre la región occidental de la Placa de Scotia se basaban mayoritariamente en datos de sísmica profunda, magnéticos, y gravimétricos, y no hacían hincapié en la geomorfología y procesos sedimentarios del área. Una sola contribución de Pérez et al. (2015), nuevamente a nivel regional y utilizando las sísmicas TESAC, evaluaron la distribución y espesor de las contornitas del margen fueguino.

La ley 27.167 (ley PROMAR: Programa Nacional de Investigación e Innovación Productiva en Espacios Marítimos Argentinos), aprobada por el Congreso de la Nación Argentina en 2015, estableció un fondo permanente para la financiación de la investigación científico-tecnológica en el Atlántico Sur que constituye el soporte principal para la implementación de la Iniciativa Pampa Azul, que involucra a ministerios y universidades con el fin de conocer y ejercer soberanía sobre el territorio marino. En ese mismo año, el gobierno argentino efectúa la compra del buque

oceanográfico alemán ‘Sonne’, cuyo nombre pasa a ser ‘Austral’. El mismo es incorporado al CONICET dentro del marco de la Iniciativa Pampa Azul como buque de investigación oceanográfica integrándose con los otros buques de la Unidad de Investigaciones Hidro Oceanográficas (UNHIDO).

Entre los años 2016 y 2017, la Comisión de Límites de la Plataforma Continental perteneciente a la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR) acepta la propuesta de la Argentina para extender su plataforma continental. Este hecho fue trascendental para el país ya que pudo extender un 35% del territorio total, aumentando su soberanía más allá de las 200 millas náuticas (mn) impuestas anteriormente. El área de estudio de esta tesis comprende la plataforma, talud y emersión continental, y debido a su cercanía con la costa emergente, hace que este sector del margen continental se encuentre dentro del primer límite impuesto de 200 mn. El hecho de haber podido extender la plataforma en otras regiones del país generó el desarrollo de una política federal, interdisciplinaria y más exhaustiva con el fin de conocer, proteger y tomar mejores futuras decisiones en el manejo del área marina, la cual representa el ~64% de la superficie total argentina (contabilizando las superficies de la Antártida, Islas Malvinas e Islas del Atlántico sur), a través del mantenimiento de diversos fondos como el Fondo Nacional para la Investigación e Innovación Productiva de los Espacios Marítimos Argentinos (FONIPROMAR).

En el 2017 se realiza la primera campaña argentina del Buque Oceanográfico Austral (BOA) operado por el Servicio de Hidrografía Naval, al sector sur del Banco Burdwood. La tripulación estuvo integrada por dos científicos del Grupo de Trabajo de Geología Marina (GTGM) del Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales de Buenos Aires (IGeBA), instituto de doble dependencia CONICET y Universidad de Buenos Aires. En esa campaña se relevó la cabecera del Cañón Submarino Sloggett a partir de datos de batimetría multihaz. Seguidamente, se realizó una segunda campaña del BOA bajo el convenio de colaboración entre YPF Tecnología S.A. (Y-TEC) y CONICET de campañas oceanográficas YTEC-GTGM, titulada YTEC-GTGM0 (o Geo0), en donde se terminó de relevar la totalidad del Cañón Submarino Sloggett (Palma et al. 2021), y también se adquieren perfiles sísmicos de alta resolución (SBP: *Sub-bottom Profiler*), datos de ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*), y testigos sedimentarios (ver Capítulo 3: materiales y métodos).

En el 2018 se declara una región en el extremo noroccidental del Mar del Scotia como ‘Área Marina Protegida Yaganes’, bajo la ley nacional n° 27490, en la que se inscribe la zona de estudio. En cuanto a las categorías de manejo, el suelo oceánico se encuentra protegido como Reserva Nacional Marina Estricta, bajo la ley nacional n° 27037.

Iniciativas como GEBCO (*General Bathymetric Chart of the Oceans*, <https://www.gebco.net/>) y GMRT (*Global Multi-Resolution Topography*, Ryan et al. 2009) se han encargado de recopilar e integrar la mayor cantidad de datos batimétricos de alta resolución de todo el mundo con el fin de conocer en detalle el relieve completo del fondo oceánico. Gracias a esto, se han obtenido tránsitos de batimetría multihaz a través de distintos aportes de buques científicos y pesqueros. Bohoyo et al. 2019, publican un mapa batimétrico de toda la región occidental de la Placa de Scotia a partir de la recopilación de varias fuentes, cuya información en el área de estudio comprende unos pocos tránsitos.

En el 2022 se realiza una nueva campaña oceanográfica al Cañón Submarino Sloggett a bordo del BOA, titulada: Área Marina Protegida Yaganes “Tres Dominios”, en donde se obtienen

nuevos testigos sedimentarios a través de los muestreadores *gravity corer* y *box corer*, junto a otros datos oceanográficos y biológicos.

Como puede notarse, los antecedentes del área de estudio son muy escasos, habiéndose relevado datos aislados o de forma esporádica a través de tránsitos de buques en ese sector del margen fueguino, mientras que otras fuentes de datos fueron extrapolados a través de información obtenida a nivel regional del extremo occidental de la Placa de Scotia. A partir de las campañas a bordo del BOA se pudieron realizar los primeros relevamientos integrales y completos del área de estudio, utilizados en el desarrollo de esta tesis.

1.2 Cañones submarinos

Los cañones submarinos son incisiones que se encuentran en los márgenes continentales de todo el mundo, cuya función principal es actuar como conducto en el transporte de sedimentos desde el continente o lugar más elevado hasta el fondo oceánico (Daly 1936; Heezen et al. 1964; Shepard y Dill 1966; Harris y Whiteway 2011). Se clasifican según su ubicación en el margen continental en tres tipos: Tipo I: Inciden la plataforma continental y tienen una conexión con una fuente fluvial del continente, Tipo II: Inciden a la plataforma pero no poseen ninguna conexión (aunque pudieron haberla tenido durante un periodo de mar bajo), Tipo III: Están restringidos solos al talud (Harris y Whiteway 2011) (Fig. 2). Esta categorización también se la asocia a su grado de desarrollo, siendo los Tipo 3 los menos desarrollados, inmaduros y más jóvenes, y los Tipo 1 y 2 los desarrollados y maduros.

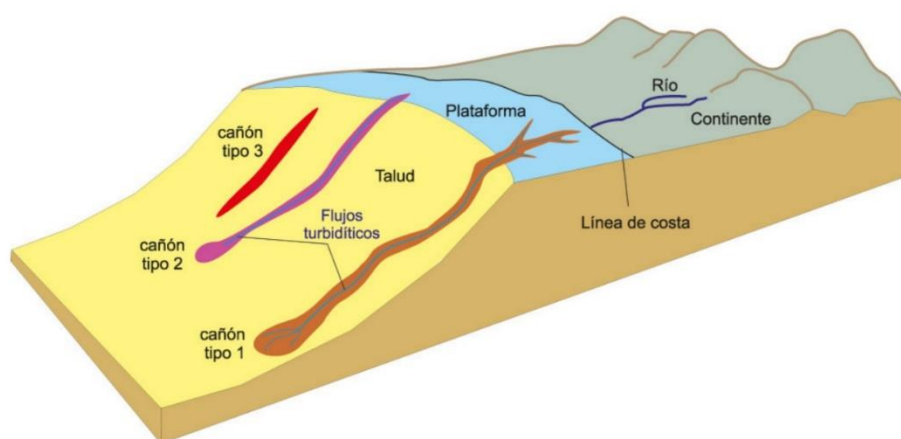


Fig. 2: Bloque 3D esquemático ilustrando la clasificación de los cañones submarinos según Harris y Whiteway, 2011. Los cañones tipo 1 y 2 son más propensos a desarrollar flujos turbidíticos, mientras que los tipos 3 evolucionan por procesos de deslizamientos en su cabecera. Figura tomada de Bozzano et al. (2017).

Los procesos sedimentarios que actúan en cada tipo de cañón difieren en magnitud, frecuencia, y tipo de proceso a partir de la dinámica del cañón con las corrientes oceánicas, la costa, y la latitud de ubicación. Los cañones inmaduros (tipo 3) se encuentran más influenciados por procesos gravitacionales producto de una erosión retrogradante por lo cual su forma de crecimiento es 'hacia arriba' (Twichell y Roberts 1982; Farre et al. 1983), mientras que los tipos 1 y 2 a pesar de seguir teniendo procesos gravitacionales, también son muy influenciados por la captura de corrientes oceánicas o una fuente fluvial (para el caso del tipo 1) que producen flujos con sedimentos de tipo turbidítico o hiperpícnico con el consecuente transporte de material hacia zonas más profundas (Daly 1936; Pratson et al. 1994; Piper y Normark 2009). De este modo, se produce erosión en el cañón desde un sector más somero a uno más profundo, lo que se conoce como un crecimiento 'hacia abajo'. Ambos tipos de procesos descendientes y

ascendentes no son excluyentes entre sí, por lo cual los cañones submarinos están sometidos a ambos.

A lo largo del siglo XX el conocimiento sobre el fondo oceánico ha incrementado a partir del desarrollo de nueva tecnología especialmente de ecosondas batimétricas multihaz, que han permitido mapear grandes extensiones del suelo marino (Michaud et al. 2009; Clarke 2012). Este avance tecnológico queda visualizado en la Fig. 3 en donde se muestra el primer mapa del Margen Continental Argentino (MCA) con la demarcación de algunos cañones mayores confeccionado por Lonardi y Ewing (1971), comparado con la recopilación de datos batimétricos disponibles hasta la fecha de la grilla GEBCO (v. 2022) y datos propios. De esta figura se destacan sistemas de cañones agrupados según su ubicación, en donde el MCTdF se encuentra incidido por varios cañones submarinos agrupados bajo el Sistema de Cañones Tierra del Fuego (SCTdF) (Bozzano et al. 2017, 2021a).

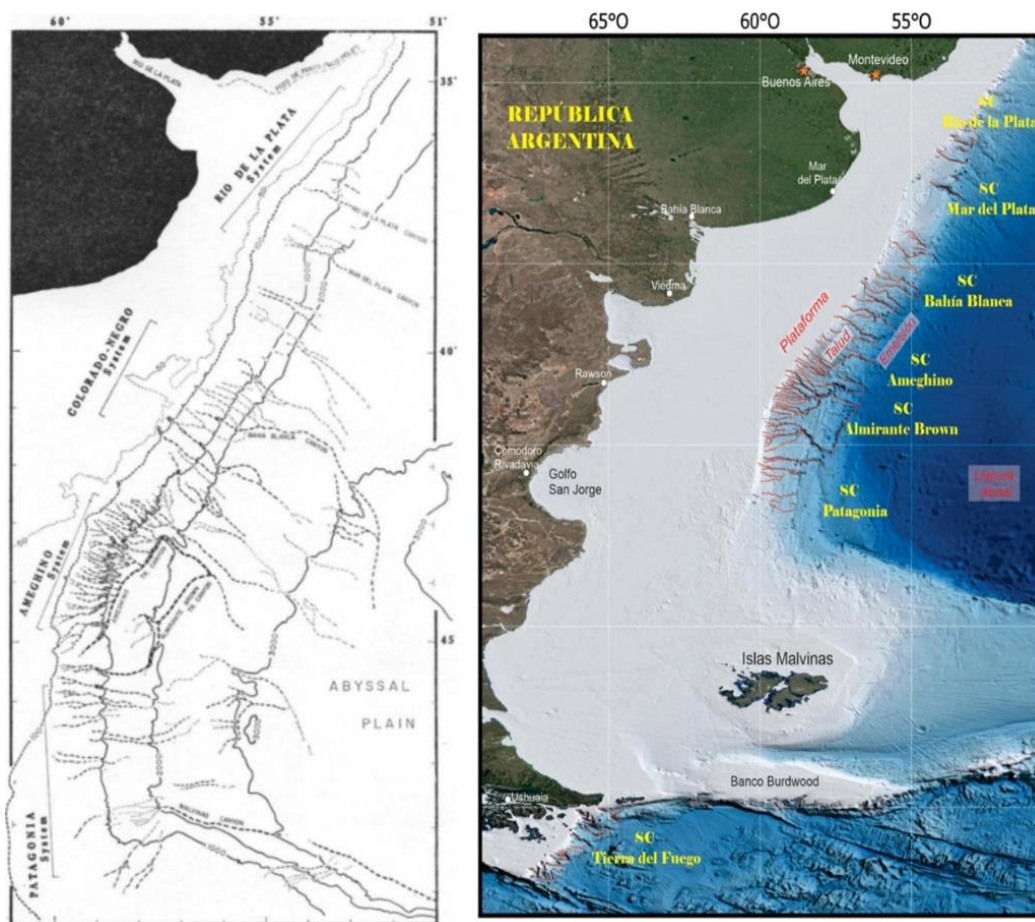


Fig. 3: Primer mapa de cañones submarinos confeccionado por Lonardi y Ewing (1971) versus mapa batimétrico actual (confeccionado con la grilla GEBCO v. 2022 y datos propios). En ambos mapas se marcan los sistemas de cañones (SC) del Margen Continental Argentino. Las líneas rojas indican el curso orientativo de algunos cañones mayores.

1.3 Contornitas

Las contornitas son acumulaciones de sedimentos depositados o retrabajados por la acción de una corriente de fondo (*bottom current*) (Rebesco et al. 2014). El término corriente de fondo es genérico ya que podría estar originada por una corriente impulsada por el viento (*wind-driven current*), una corriente termohalina (*thermohaline current*), una corriente geostrofica (*geostrophic current*), una corriente de contorno (*contour current*) o una corriente abisal (*abyssal current*). Estas corrientes, al interactuar con el fondo, tienen dos efectos: erosivo y/o

depositacional. Los mismos van a depender de varios factores entre los cuales los más importantes son la velocidad de la corriente (junto a la dirección) y el tamaño de grano (Stow et al. 2009; Rebesco et al. 2014). Es así como en un sistema depositacional contornítico coexisten rasgos morfológicos depositacionales (*drifts*), erosivos (canales, *moats*, *furrow*, etc) y mixtos (terrazas). En la Fig. 4 se observa que los *drifts* contorníticos y *sheets* arenosos se generan con una velocidad de corriente baja ($<0.1 \text{ m/s} = 10 \text{ cm/s}$), y un amplio rango de tamaño de grano que va desde arcilla hasta arena gruesa (1 mm) principalmente, pudiendo llegar a estar constituidas hasta tamaño grava. Dependiendo de su granulometría se las puede clasificar como contornitas fangosas (*muddy contourite*) o contornitas arenosas (*sandy contourite*); sin embargo, al no estar integrada en un 100 % por un determinado tamaño de grano es más correcto clasificarlas de una forma más general tal como contornita de grano fino (*fine-grained*) o de grano grueso (*coarse-grained*) según cual predomine. Otra clasificación que también se realiza es la implementada por Rebesco y Stow (2001), Rebesco et al. (2014), Miramontes et al. (2021) quienes distinguen al *drift* según su geometría, extensión y relación con el margen (Fig. 4). A medida que la velocidad de las corrientes de fondo aumenta, los rasgos morfológicos dominantes serán del tipo erosivo (surcos, Fig. 4). En el ambiente marino profundo es muy común encontrar evidencias de la coexistencia entre procesos contorníticos y otros tipos de procesos como los turbidíticos. Los depósitos generados por la intercalación entre un proceso gravitacional (perpendicular al talud) y un proceso paralelo al talud (contornítico) se conoce como depósitos mixtos. De acuerdo con Rodrigues et al. (2022), según la predominancia de cada proceso se las clasifica como: sistema mixto dominado por turbiditas, sistema sincrónico cuando ambos procesos aportan las mismas cantidades de sedimento, y sistema mixto dominado por contornitas. Cabe destacar que cuando ambos procesos están ocurriendo en simultáneo estos depósitos se los clasifica como híbridos.

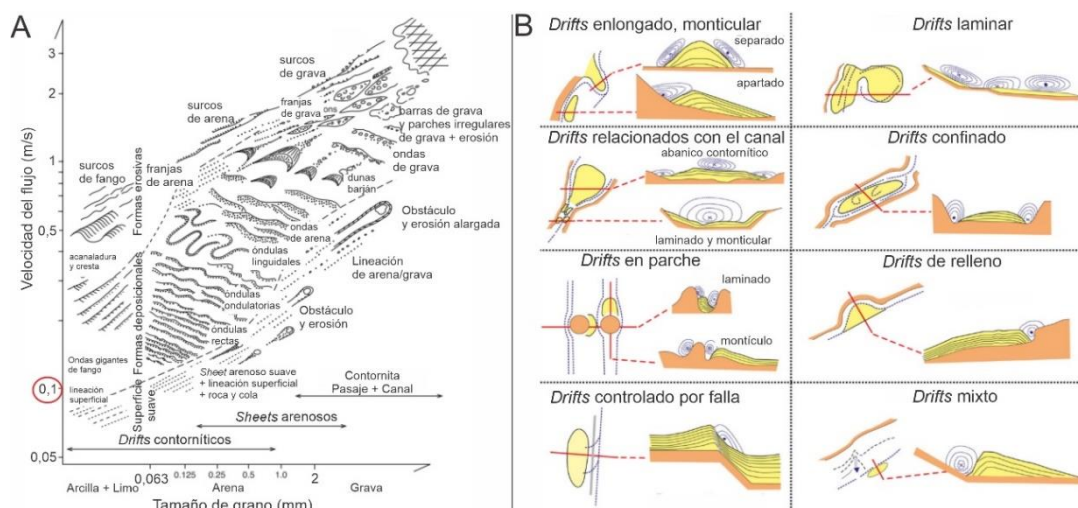


Fig. 4: A) Velocidad del flujo vs Tamaño de grano. Se observan las distintas formas de lecho resultantes de la interacción entre ambos. Modificado de Stow et al. (2009). Notar que los drifts contorníticos se forman a velocidades menores a 0.1 m/s ($\approx 10 \text{ cm/s}$). B) Figuras esquemáticas que representan las distintas morfologías de las contornitas. Modificado de Rebesco et al. (2014).

1.4 Objetivos

El objetivo general de esta tesis doctoral es presentar la primera contribución geomorfológica de los cañones submarinos del Margen Continental Tierra del Fuego, haciendo hincapié en el Cañón Submarino Sloggett. Para esto, el trabajo se enfoca con una perspectiva geofísica y geológica a través de la integración de datos acústicos de batimetría multihaz, perfilador de

corriente acústico doppler (ADCP: *Acoustic Doppler Current Profiler*), sísmica somera de alta resolución (SBP: *Sub bottom profiler*) y sísmica profunda, junto a muestras del fondo marino y datos propios y públicos de mediciones oceanográficas.

Con el fin de alcanzar el objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

1. **Definir los cañones que integran al Sistema de Cañones Tierra del Fuego.** En el marco de sistemas de cañones submarinos de Argentina no se tiene referencias de las características, el número y exactamente qué tipo de cañones inciden el margen continental Fuegoino, por lo que como primer objetivo se plantea mapear y definir la extensión del Sistema de Cañones Submarinos Tierra del Fuego utilizando los datos batimétricos propios y públicos para determinar sus parámetros morfométricos principales y discutir si se encuentran en una etapa de actividad/inactividad en el presente período de mar alto.
2. **Descripción y determinación de la geomorfología de la zona del Cañón Sloggett.**
 - a. Presentar el primer mapa batimétrico de detalle de la zona del Cañón Sloggett a partir de la integración de distintas fuentes de datos batimétricos.
 - b. Realizar un estudio morfométrico del cañón.
 - c. Definir zonas de acumulación y de erosión dentro del cañón.
 - d. Confeccionar un mapa de unidades geomorfológicas/morfológicas y de facies acústicas de la zona.
 - e. Analizar la distribución granulométrica a partir de las muestras geológicas y contrastar este dato con el de retrodispersión para definir zonas granulométricas.
3. **Determinar los factores de control de la zona del Cañón Sloggett, procesos sedimentarios y las fuentes de aporte de sedimento al cañón.**
 - a. Analizar si en el presente periodo de mar alto existe una conexión del cañón con una fuente fluvial del continente.
 - b. Estudiar la influencia de las corrientes oceánicas en el desarrollo del CSS. Comparar los datos de corrientes oceánicas regionales satelitales versus los locales obtenidos mediante el equipo ADCP. Analizar el aporte de sedimento de las corrientes hacia el cañón, la relación de la velocidad de las corrientes de fondo con la geomorfología, y si su dirección se ve influenciada por la presencia del cañón.
 - c. Determinar a partir de la geomorfología los procesos sedimentarios que han actuado recientemente en el cañón y cuales corresponden con un mecanismo de crecimiento del Cañón Sloggett.
 - d. Analizar si la configuración estructural del margen fueguino ha influenciado y de qué manera el desarrollo del cañón.
 - e. Analizar la influencia glaciaria en el desarrollo del cañón.
4. **Proponer un modelo evolutivo para el CSS.**

CAPÍTULO 2: MARCO GEOLÓGICO – OCEANOGRÁFICO

2.1 Marco geológico

La zona de estudio pertenece al sector austral del Océano Atlántico, la cual corresponde a una de las zonas con mayor superposición de regímenes tectónicos de la región (Dalziel y Cortes 1973; Dalziel et al. 1974; Eagles y Jokat 2014; Torres Carbonell et al. 2014). Geográficamente el Mar del Scotia se localiza entre las latitudes 61° S - 55° S y longitudes 69° O - 27°O, ocupando un área de aproximadamente 900 mil km² y alcanzando profundidades entre -4000 y -5000 m. Esta se halla sobre dos placas tectónicas conocidas como Placa de Scotia: de mayor tamaño y edad, 28,5 Ma (Lodolo et al. 2006), y Microplaca Sándwich: más pequeña y joven, 15 Ma (Barker 1995). Limita hacia el oeste con la Zona de Fractura de Shackleton (ZFS), hacia el norte por la Dorsal Norte de Scotia (DNS), hacia el sur por la Dorsal Sur de Scotia (DSS), y hacia el este por las Islas Sándwich (Fig. 5).

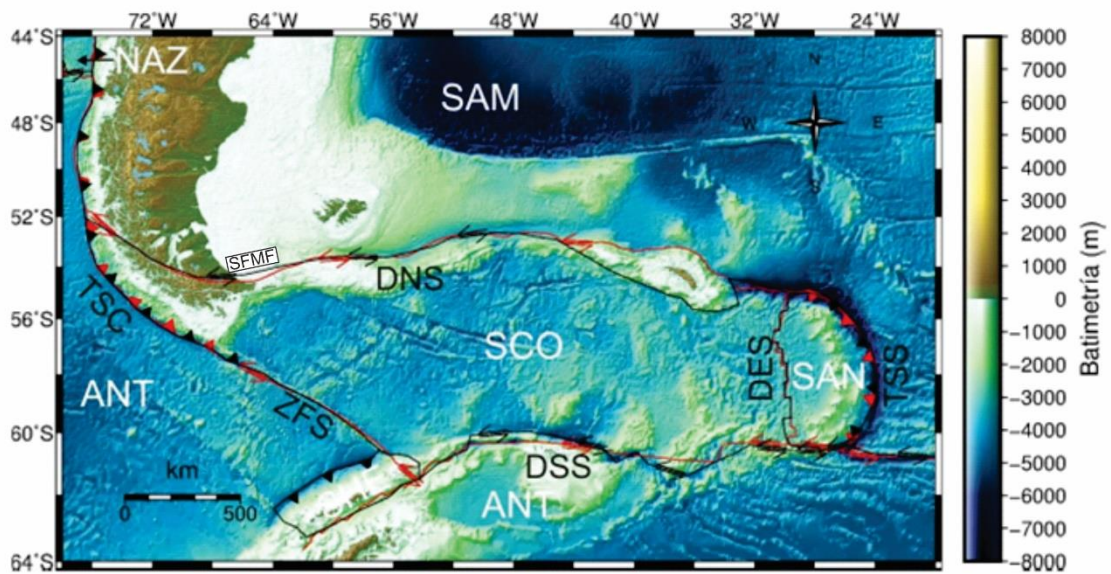


Fig. 5: Mapa batimétrico (fuente <https://www.gmrt.org/>) de la región del Mar del Scotia con límites de las placas tectónicas. ANT: Placa Antártica, DES: Dorsal Este de Scotia, DNS: Dorsal Norte de Scotia, DSS: Dorsal Sur de Scotia, NAZ: Placa de Nazca, SAM: Placa Sudamericana, SCO: Placa Scotia, SFMF: Sistema de Fallas Magallanes-Fagnano, TSC: Trinchera Sur de Chile, TSS: Trinchera Sándwich del Sur, ZFS: Zona de Fractura de Shackleton. En color rojo: límites de placas de Plate Project, en color negro: límites de placas de Bird (2003). Modificado de Esteban (2013).

2.1.1 Evolución tectónica regional

Hace aproximadamente 170 Ma, en el Jurásico inferior, los bloques continentales de lo que hoy conocemos como América del Sur y África, constituían gran parte del supercontinente Gondwana (Dalziel 1981; Pankhurst et al. 2000). A partir de este período, la actividad tectónica pasa por varios estadios, distinguiéndose una serie de regímenes diferentes en la región de Tierra del Fuego entre los que se destacan:

- 1) Ruptura de Gondwana (Mpodozis y Ramos 2008)
- 2) La compresión andina del Cretácico Superior-Paleógeno (Dalziel et al. 1974).
- 3) La extensión Paleocena-Oligocena: Apertura del Pasaje de Drake (Eagles et al. 2006; Lodolo et al. 2006; Ghiglione et al. 2008).

4) La etapa dominada por tectónica de rumbo Neógena-Cuaternaria (Cunningham 1993; Lodolo et al. 2003).

2.1.1.1 Fase extensional I: Ruptura de Gondwana

La configuración actual del margen fueguino inicia con la ruptura del supercontinente Gondwana, a partir del Triásico, correspondiente a un adelgazamiento cortical generado por los centros dispersores de la Provincia Magmática del Atlántico Central (*Central Atlantic Magmatic Province*) y de Karoo (en el Jurásico inferior) (Mpodozis y Ramos 2008), los cuales producen la separación de los terrenos de Norte América de África, y de Gondwana occidental y oriental, respectivamente. Dado el comienzo de esta ruptura, toma lugar el ciclo de apertura del Océano Índico, datada entre 183-179 Ma (Jourdan et al. 2005), la cual conlleva a la instauración de un régimen compresivo hacia el margen pacífico de América del Sur con la subducción del Océano de Panthalassa por debajo del continente de Gondwana (Kay et al. 1989; Mpodozis y Ramos 2008). Seguidamente se inicia una nueva etapa de extensión, la cual es caracterizada por la apertura de la Cuenca de Rocas Verdes (Mukasa y Dalziel 1996; Calderón et al. 2007) (Fig. 6). Esta cuenca posee secuencias *syn-rift* del vulcanismo ácido de Chon-Aike depositadas bajo condiciones subaéreas, representada por la Formación Lemaire en Tierra del Fuego (Caminos et al. 1981), de edad 172-142 Ma basada en U-Pb SHRIMP (Pankhurst et al. 2000), las cuales engranan lateralmente con los complejos ofiolíticos Sarmiento y Tortuga (Dalziel 1981). Posteriormente, la cuenca pasa a una etapa *post-rift* de subsidencia termal-sag con una consecuente transgresión marina hacia el Jurásico tardío-Cretácico temprano (Biddle et al. 1986), representada en Tierra del Fuego por sedimentos de un ambiente marino profundo junto a sedimentos volcanoclásticos de la Fm. Yaghán, y de talud/plataforma para la Fm. Beauvoir (Olivero y Martinioni 2001).

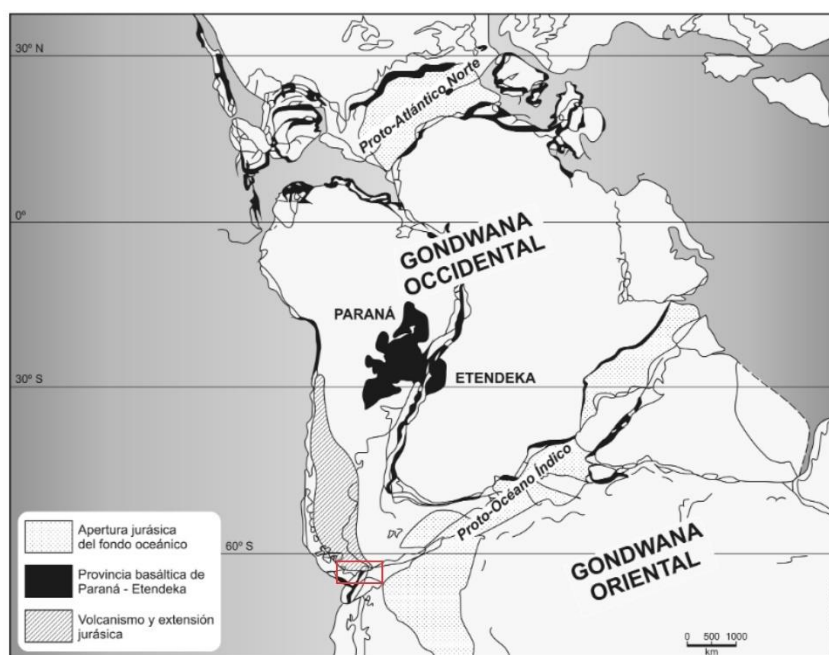
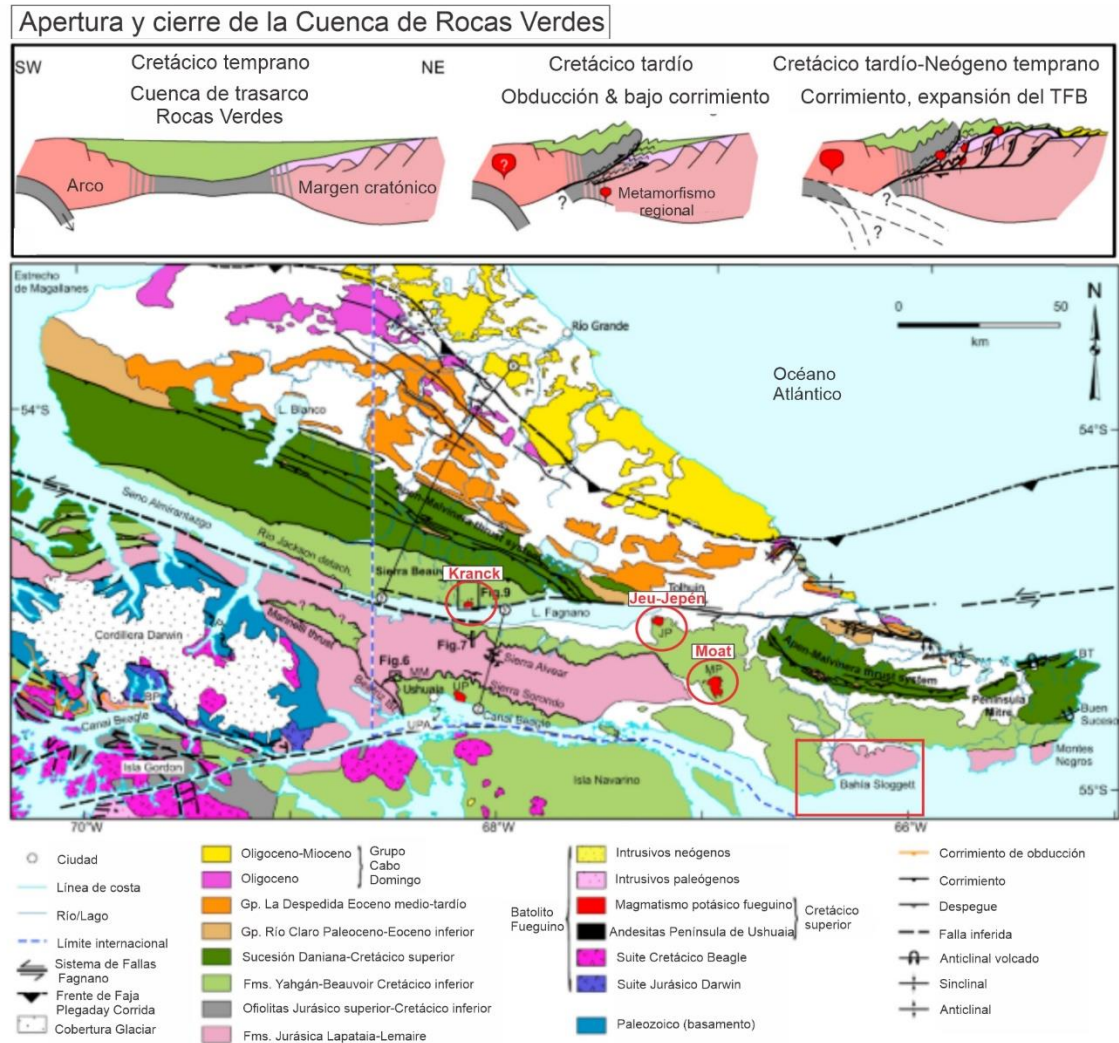


Fig. 6: Figura ilustrativa de las primeras etapas del desmembramiento de Gondwana. El recuadro rojo indica la zona de estudio, la cual fue afectada por un vulcanismo asociado a extensión a partir de la generación de la Cuenca de Rocas Verdes. Figura modificada de Mpodozis y Ramos (2008).

2.1.1.2 Fase compresiva

Durante el Cretácico tardío, a partir de la apertura del Atlántico Sur, se produce una variación en la deriva de las placas tectónicas que se reflejó en la instauración de un régimen tectónico

compresivo en el margen occidental de la placa Sudamericana (Dalziel et al. 1974). Este régimen, conocido como Orogenia Andina, es responsable del cierre e inversión de la Cuenca de Rocas Verdes y del ascenso inicial de los Andes Fueguinos (Natland 1974; Torres Carbonell et al. 2014) (Fig. 7). A partir de este ascenso, comienza a desarrollarse una faja plegada y corrida de piel gruesa la cual, hoy día, involucra desde el basamento Paleozoico hasta los niveles estratigráficos más superficiales (Torres Carbonell et al. 2014; Maestro et al. 2019; Ormazabal et al. 2020; Ormazabal 2022). En este periodo se emplazan los plutones correspondientes al magmatismo fueguino potásico como el Plutón Moat (González Guillot et al. 2009; Peroni 2012), Kranck (González Guillot et al. 2007) y Jeu-Jepén (Cerrodo et al. 2011; Peroni 2012).



2.1.1.3 Fase extensional II: Apertura Pasaje de Drake

El complejo contexto tectónico en el que se encontraba todo el sector austral de Sudamérica durante el Cretácico superior, desencadena una nueva serie de movimientos divergentes que producen, durante el Paleógeno, la desconexión de la unión continental entre el sector más austral de Tierra del Fuego con la Península Antártica (Eagles et al. 2005; Lodolo et al. 2006). Esta nueva etapa de extensión se encuentra caracterizada por la creación de corteza oceánica a

través de la Dorsal Occidental del Scotia (DOS) con el consecuente desarrollo de la placa de Scotia y apertura del Pasaje de Drake (Barker 2001; Eagles y Jokat 2014). La edad sobre el comienzo de la apertura del Pasaje de Drake es muy discutida por distintos autores los cuales presentan distintos modelos evolutivos que sugieren que la separación pudo haber comenzado en el Eoceno temprano (Eagles y Jokat 2014; Maldonado et al. 2014), Eoceno medio (Livermore et al. 2005), Eoceno tardío (Barker 2001), Oligoceno (Lodolo et al. 1997), resultando en una incertidumbre de ~15 Ma entre todos los modelos propuestos. A pesar de esta incertidumbre sobre el comienzo de los esfuerzos divergentes, existe una gran aceptación en que la DOS comenzó a generar corteza oceánica hace 28,5 Ma, edad asignada a la anomalía magnética C10, la más antigua encontrada sobre los márgenes norte y sur del Scotia (Lodolo et al. 1997; Barker 2001). La DOS se mantuvo activa hasta fines del Mioceno, 6,6-5,9 Ma, (Eagles et al. 2005). En este último tiempo coexistió con la Dorsal Este del Scotia, la cual comenzó su actividad hace 15 Ma y hoy en día sigue activa (Livermore 2003).

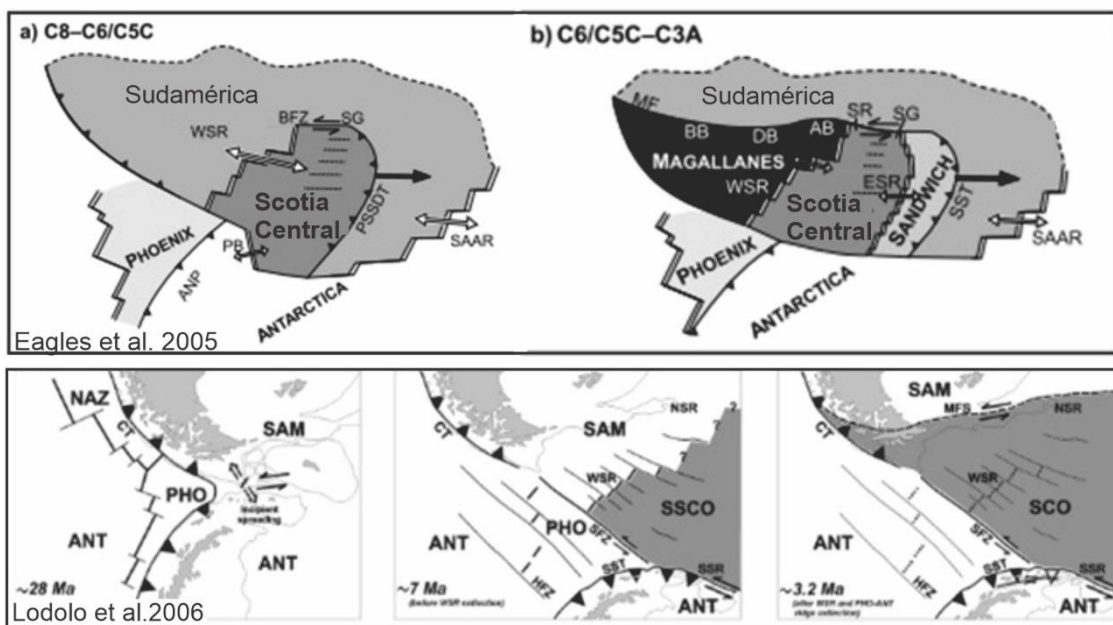


Fig. 8: Modelos evolutivos de la región austral de Sudamérica y Península Antártica durante el desarrollo de la placa de Scotia. Eagles et al (2005) presentan un modelo de dos placas (Scotia central y Sudamerica) para la etapa inicial, pasando por un estadio de 3 placas a partir del desarrollo de la placa Magallanes, para luego consolidarse en la placa actual de Scotia a partir del cese de actividad de la Dorsal Oeste de Scotia (DOS). En cambio, Lodolo et al (2006) presentan un modelo de dos placas (Sudamericana y Scotia Sur) para su evolución. La Placa de Scotia se habría consolidado como un bloque rígido y único al extinguirse la DOS.

2.1.1.4 Fase Transcurrente

Los movimientos transcurrentes han tenido lugar desde el Cretácico tardío como consecuencia de la acomodación entre las placas tectónicas Sudamérica y Antártica, y de la rotación antihoraria del extremo sur de Sudamérica (Cunningham et al. 1991; Diraison et al. 2000; Ghiglione y Cristallini 2007; Rapalini 2007; Poblete et al. 2014; Rapalini et al. 2015). A partir del Oligoceno, los movimientos se intensifican vinculados a los esfuerzos producidos por la apertura del Pasaje de Drake (Eagles et al. 2005; Lodolo et al. 2006; Menichetti et al. 2008), los cuales generaron una serie de fallas transformes de orientación este-oeste y carácter sinistral de gran implicancia tectónica. Estas fallas se fueron desarrollando desde el sur hacia el norte, y se agrupan en tres sistemas: Sistema de Fallas Canal Beagle (SFCB) (Cunningham 1993; Esteban et al. 2013; Bran et al. 2018,2023), Sistema de Fallas Carbajal-Lasifashaj, y Sistema de Fallas Magallanes-Fagnano (SFMF) (Pelayo y Wiens 1989; Lodolo et al. 2003; Menichetti et al. 2008;

Tassone et al. 2008; Esteban et al. 2012,2020; Lozano 2020). El SFCB fue el primero en generarse, cuya edad de formación es discutida variando su inicio desde fines del Cretácico-Paleógeno (Cunningham 1995; Eagles 2016) a posterior al inicio de la DOS (Lodolo et al. 2003; Menichetti et al. 2008). Para el SFMF, el cual conforma el límite actual entre las placas Sudamericana y Scotia (Fig. 5), ocurre la misma incertidumbre acerca de la edad de su generación las cuales van desde los 20 Ma (Rossello 2005), 10 Ma (Torres-Carbonell et al. 2008) hasta los 6 Ma (Lodolo et al. 2003). A pesar de estas discrepancias acerca de las edades de formación, existe un consenso en que la actividad de estos movimientos de rumbo junto a los procesos extensivos (durante el periodo de actividad de la DOS), han producido que los distintos fragmentos que alguna vez integraron la conexión entre Sudamérica y Antártida fueran dispersados hacia el este conformando las dorsales Norte y Sur del Arco del Scotia.

El SFCB se extiende desde el margen sur de la IGTdF y el Canal Beagle hasta el flanco sur de la Dorsal Norte del Scotia en el sector offshore del Océano Atlántico (Cunningham 1993; Grunfeld 2016; Bran et al. 2018). En todo este trayecto corta a la Faja Plegada y Corrida de la IGTdF, generando un desplazamiento de rumbo E-O sinistral (Cunningham 1993), la cual afecta al área de estudio (Fig. 9).

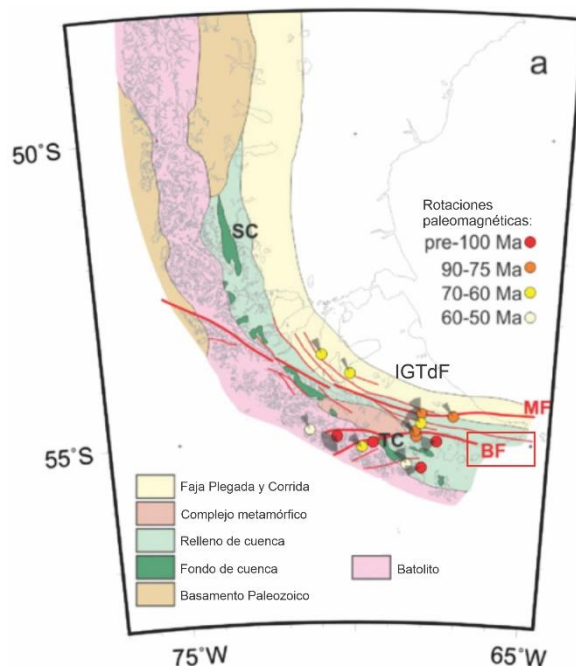


Fig. 9: Mapa del sector sur de Sudamérica en donde se remarcen los principales lineamientos O-E (color rojo) asociados al Sistema de Fallas Canal Beagle (BF) y al Sistema de Fallas Magallanes-Fagnano (MF), generados a partir de la rotación antihoraria de este territorio. El recuadro rojo indica el área de la Bahía Sloggett, junto a una porción del extremo oriental del Canal Beagle. Notar como estos lineamientos continúan hacia el sector offshore. Modificado de Eagles (2016). IGTdF: Isla Grande de Tierra del Fuego.

2.1.2 Tipos de márgenes continentales

Toda la evolución geológica-estructural que se ha desarrollado a partir de la separación de Sudamérica de la Península Antártica quedó plasmada en los tipos de márgenes continentales de la Placa de Scotia. Por un lado, el margen continental de TdF posee un sector de margen pasivo-volcánico de dirección general SO-NE, ubicado entre las longitudes 68-66° O, el cual se desarrolló producto de la DOS; y por el otro lado, un margen pasivo-cizallado (combinado) de orientación E-O (Pérez et al. 2015; Esteban et al. 2018), el cual se generó a partir de los movimientos transcurrentes con el consecuente traslado de los bloques continentales

conformando la actual DNS. Sin embargo, esta clasificación del tipo de margen no coincide con las estipuladas por COPLA (2017) y Violante et al. (2017) quienes catalogan al margen sur de la DNS como Continental Convergente Acrecionario (A) + Cizallado (F) / Activo-transcurrente (Fig. 10). Dado que la zona activa se encuentra entre las placas Scotia y Sudamericana, ubicada en el flanco norte de la DNS, y no al sur de esta, se optó por utilizar la clasificación de margen pasivo-volcánico + cizallado (combinado).

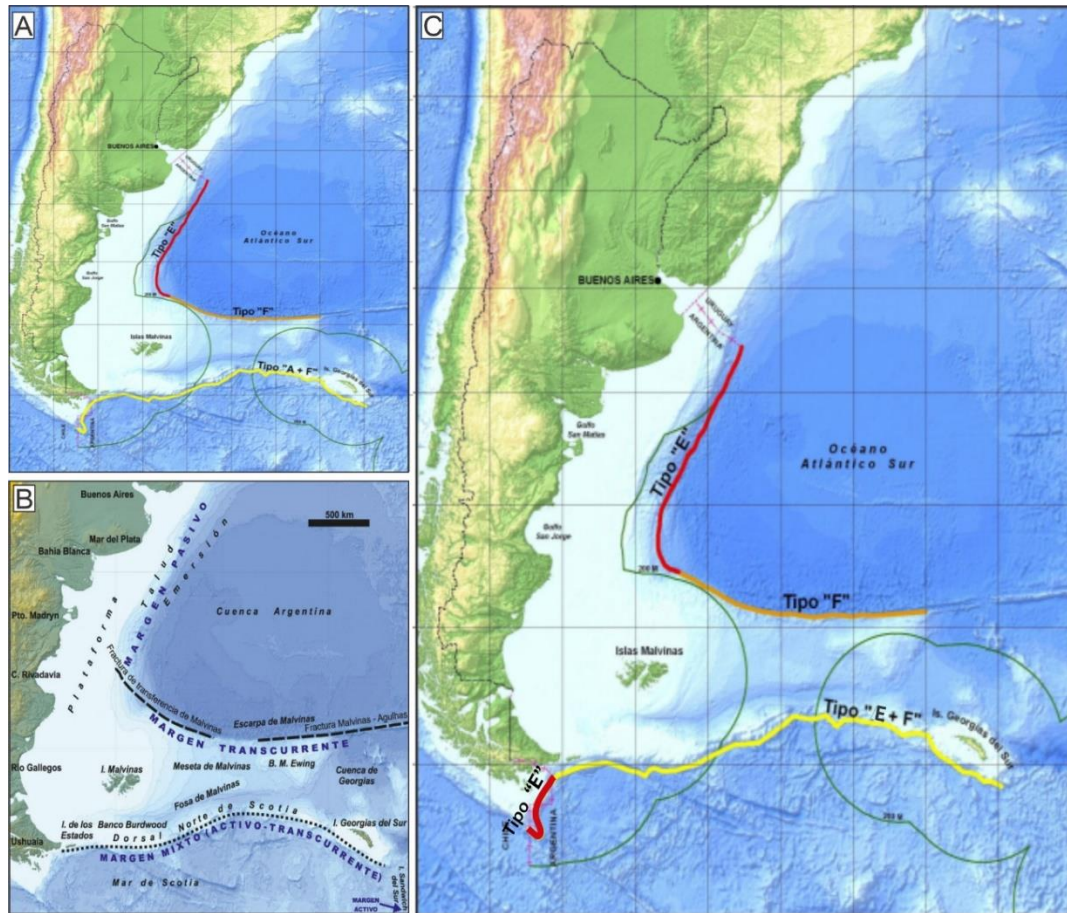


Fig. 10: Tipos de márgenes continentales presentes en el Margen Continental Argentino. A) Mapa de COPLA (2017) en donde indican al Margen Continental de Tierra del Fuego (MCTdF) como Tipo A + F: Continental Convergente Acrecionario + cizallado. B) Mapa de Violante et al. (2017) en donde indican al MCTdF como mixto: Activo-Transcurrente. C) Mapa modificado de COPLA (2017), en donde se visualizan los dos dominios tectónicos presentes en la zona de estudio regional. Se utiliza la clasificación de margen Tipo E: Pasivo-volcánico para el extremo occidental (color rojo) del MCTdF, y combinado: Tipo E + F: Pasivo-volcánico + cizallado para el sector sur de la Dorsal Norte de Scotia (color amarillo).

2.2 Fisiografía del extremo noroccidental del Mar del Scotia

La fisiografía del sector noroccidental del Mar del Scotia se encuentra constituida por 4 principales rasgos sobresalientes: la Dorsal Norte del Scotia (DNS), la Cuenca Yaghán/Yaganes, la Zona de Fractura de Shackleton (ZFS), y la Dorsal Occidental del Scotia (DOS; Fig. 11).

1. **DNS:** Se conforma por la distribución de bloques continentales que migraron hacia el este, tal cual fue detallado en el apartado de evolución tectónica regional. La DNS está integrada de oeste a este por la Isla de los Estados, Banco Burdwood, Banco Davis, Banco Aurora, Rocas Shag y las Islas Georgias del Sur. Representa un conjunto de altos y bajos batimétricos de más de 3000 km de extensión, constituyendo el margen combinado pasivo-cizallado del *offshore* de Tierra del Fuego (Pérez et al. 2015; Esteban et al. 2018).

Estos bloques poseen rocas mesozoicas (Dalziel et al. 1975; Caminos y Nullo 1979; Tanner 1982; Storey y MacDonald 1984) con una respuesta gravimétrica alta (Eagles et al. 2005; Esteban 2013).

2. **Cuenca Yaghán/Yaganes:** Es una cuenca formada a partir de la apertura del Pasaje de Drake. Se halla hacia el sector noroeste de la DOS, con profundidades que van desde los -3500 a -4100 m, siendo el promedio de -4000 m. Limita hacia el sudoeste por la ZFS, hacia el noroeste por el talud del margen fueguino, al sudeste por la DOS, y al noreste por la Zona de Fractura Quest y Banco Burdwood. En su extensión posee varios montes submarinos de distintos tamaños, y *drifts* contorníticos (Pérez et al. 2015).
3. **ZFS:** Es una elevación morfológica activa, de orientación NO-SE, que actúa como límite de placas acomodando mediante transpresión sinistral los movimientos entre la Placa de Scotia y la Antártica (con la extinta placa Phoenix/Aluk) (Geletti et al. 2005). La ZFS tuvo una gran influencia sobre la circulación de la corriente de fondo la cuál ha sido considerada por varios estudios como Barker (2001), Dalziel et al. (2013b), Maldonado et al. (2014) quienes proponen que hasta el Mioceno los flujos de aguas profundas a través del pasaje de Drake estaban restringidos mediante la superposición de astillas continentales y otros máximos batimétricos a lo largo de la ZFS los cuales actuaron como barrera oceanográfica.
4. **DOS:** Esta dorsal fue la responsable de la apertura del Pasaje de Drake. Tiene una orientación general SO-NE, encontrándose disectada por 6 zonas de fractura (ZF) que segmentan a la dorsal en 7 corredores oceánicos (W1-W7, Eagles et al. 2005). Las zonas de fractura fueron estudiadas por Esteban (2013) quien las nombró como ZF Wollaston (separa W1-W2), ZF Sloggett (W2-W3), ZF Isla de los Estados (W3-W4), ZF Quest (W4-W5), ZF Endurance (W5-W6), y ZF Burdwood (W6-W7). Estas poseen una orientación NO-SE hasta la ZF Quest, para luego ir tornándose progresivamente E-O.

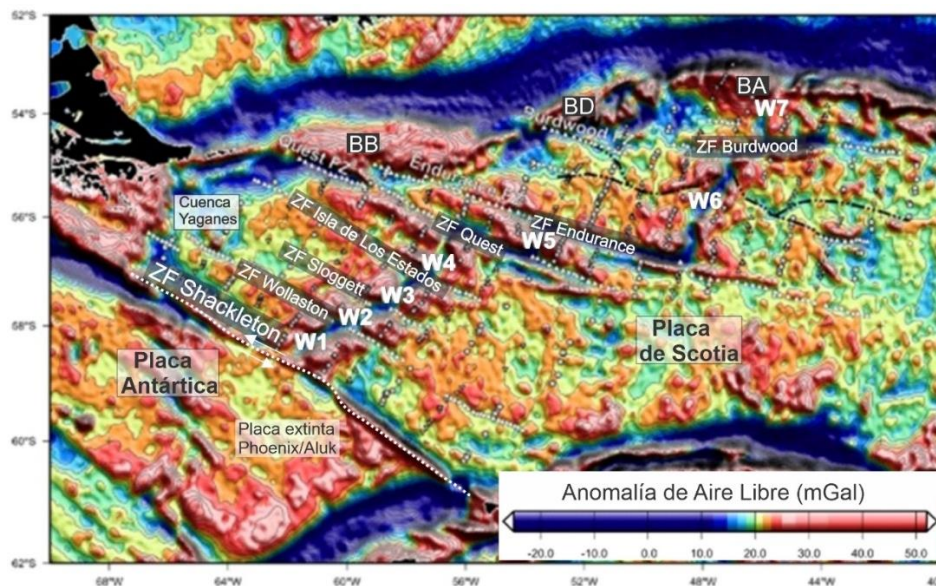


Fig. 11: Mapa modificado de Eagles et al. (2005) en donde se muestran los rasgos fisiográficos sobresalientes del sector noroccidental de Scotia, basado en las anomalías gravitacionales satelitales de aire libre de Smith y Sandwell (1997). Los corredores oceánicos de la Dorsal Oeste de Scotia corresponden a W1-W7, junto a las zonas de fractura (ZF) que lo segmentan. Notar el alto gravimétrico (~ 40 mGal) generado por la Dorsal Norte de Scotia. BA: Banco Aurora, BB: Banco Burdwood, BD: Banco Davis.

2.3 Marco oceanográfico

La nueva configuración tectónica que tuvo lugar desde el Eoceno, con la consecuente apertura del Pasaje de Drake, tuvo un rol esencial en los cambios de circulación de las masas de aguas australes, y en la caída de la temperatura global hacia el límite Eoceno-Oligoceno (Kennett 1977; Livermore et al. 2005; Lagabriele et al. 2009; Lodolo y Tassone 2010; Maldonado et al. 2014). A partir de este evento, las masas de agua de los océanos Pacífico y Atlántico, para latitudes bajas y medias, pudieron conectarse. A su vez se constituye una nueva corriente, de circulación completa al continente antártico, llamada Corriente Circumpolar Antártica (ACC) (Kennett, 1977). Esta corriente fue la responsable de aislar térmicamente a la región de las corrientes cálidas provenientes del norte, generando un crecimiento en las masas de hielo del continente antártico (Lodolo y Tassone 2010; Dalziel et al. 2013b; Pérez et al. 2015), el cual quedó reflejado en los isótopos de oxígeno en foraminíferos (Livermore et al. 2005). Hay distintas hipótesis sobre si la circulación de la corriente profunda se vio afectada por relictos continentales de la separación entre Sudamérica y Antártida y/o si la ZF de Shackleton actuó como barrera oceanográfica (Maldonado et al. 2014; Barker, 2001). Maldonado et al. (2014) indican que pasajes poco profundos se desarrollaron hace 44 Ma consolidándose en un pasaje oceánico profundo hace 33 Ma. Barker (2001) propone el desarrollo de la ACC hacia el Mioceno en el período entre 22-17 Ma; sin embargo, este no coincide con los cambios climáticos del Mioceno medio ya que poseen un retraso entre uno o más millones de años. Por lo cual, si el vínculo entre la conexión oceánica profunda y el cambio en el clima son verdaderos, habría que considerar causas adicionales, posiblemente no tectónicas de un retraso en la respuesta climática (Barker, 2001). El Banco Burdwood junto al Banco Davis actúan como barrera, afectando a la circulación de agua de la ACC, generando un desplazamiento hacia el este de unos 800 km, para luego poder ir hacia el norte y adentrarse en el Surco Malvinas (Tarakanov 2009,2012).

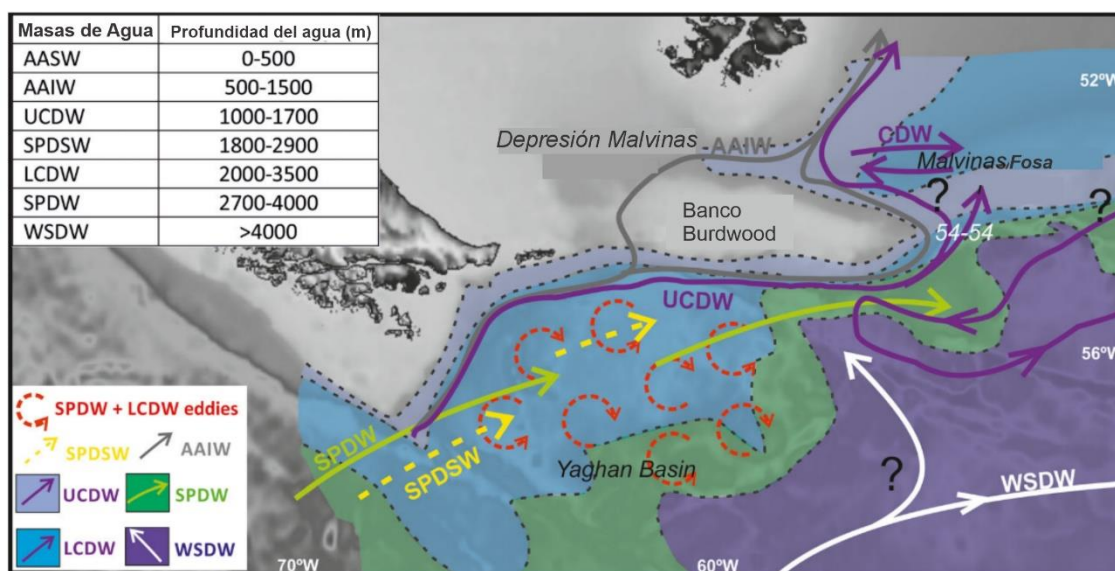


Fig. 12: Mapa del sector noroccidental del Mar del Scotia con las corrientes de fondo que circulan en esta región. Modificado de Pérez et al. (2015). AASW: Corriente Superficial Antártica, AAIW: Masa de agua Intermedia Antártica, CDW: Masa de agua Circumpolar Profunda, LCDW: Masa de agua Circumpolar Profunda Inferior, SPDSW: Masa de agua profunda de talud del Sudeste Pacífico, SPDW: Masa de agua profunda del Sudeste Pacífico, UCDW: Masa de agua Circumpolar Profunda Superior, WSDW: Masa de agua Profunda del Mar de Weddell.

2.3.1 Masas de Agua

La región de estudio se corresponde, en términos oceanográficos, a la zona subantártica la cual se encuentra limitada por dos frentes: el frente subantártico al sur, y el frente subtropical al

norte (Orsi et al. 1995; Tarakanov 2012) (Fig. 13). Estos límites no son lineales sino más bien sinuosos, ni tampoco sus ubicaciones son exactas ya que varía temporalmente según la estacionalidad y otros factores anuales. En esta región las aguas más frías y densas de la ACC ocupan un lugar más profundo en la columna de agua, siendo reemplazada a nivel superficial por la Masa de Agua Superficial Subantártica (SASW: *Subantarctic Surface Water*), la cual tiene influencia sobre el fondo oceánico en los lugares más someros tales como la plataforma y parte del talud superior. Esta masa de agua al recibir un aporte del agua dulce producto de deshielo, baja su salinidad conformando una masa de agua conocida como Masa de Agua Subantártica Modificada (SAMW: *Subantarctic Mode Water*). La ACC a su vez se divide en varias masas de agua según sus propiedades físico-químicas y profundidad de circulación: Por un lado, se encuentra la Masa de Agua Intermedia Antártica (AAIW: *Antarctic Intermediate Water*); y por el otro lado, la Masa de Agua Circumpolar Profunda (CDW: *Circumpolar Deep Water*) dividida en tres ramas, la superior (UCDW: *Upper Circumpolar Deep Water*), la inferior (LCDW: *Lower Circumpolar Deep Water*), y de fondo (CBW: *Circumpolar Bottom Water*) (Naveira Garabato et al. 2002; Ferrari et al. 2012; Tarakanov 2012). Estas tres ramas ejercen su influencia a distintas profundidades conformando zonas de acumulación (*drifts* contorníticos), y de erosión (terrazza contornítica) lo que evidencia la circulación de aguas en el pasado (Isola 2021) y en el presente tal cual como fue descrito a nivel regional por Pérez et al. (2015).

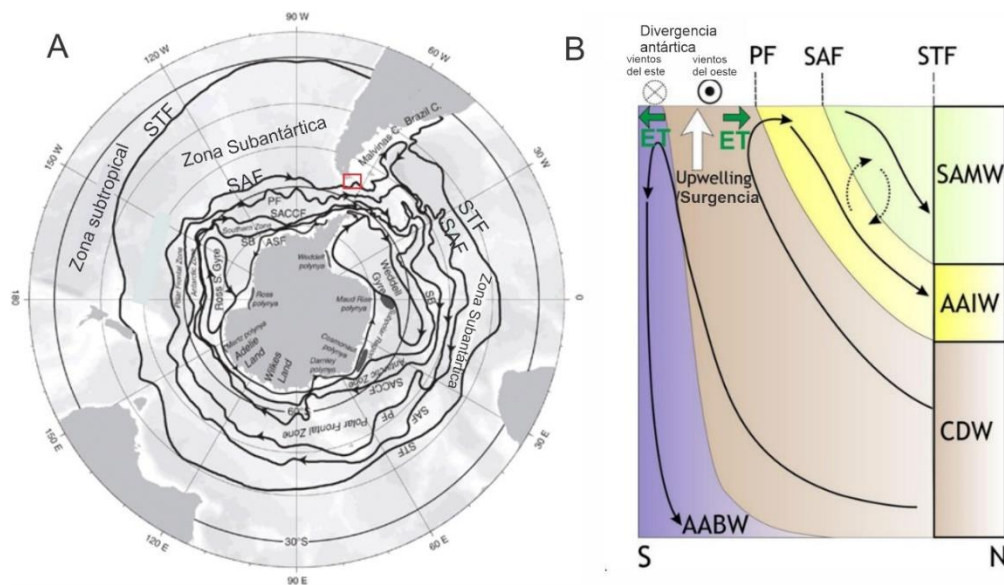


Fig. 13: A) Frentes oceanográficos australes. PF: Frente Polar, SAF: Frente Subantártico, STF: Frente Subtropical. Con recuadro rojo se señala la región de la zona de estudio. Modificado de Orsi et al. (1995). B) Esquema de la zona de influencia de las masas de agua en cada frente oceanográfico. Tomado de Sarkar et al. (2019). AABW: Masa de Agua Antártica Profunda, AAIW: Masa de Agua Intermedia Antártica, CDW: Masa de Agua Circumpolar Profunda. ET: transporte de Ekman, SAMW: Masa de Agua Subantártica Modificada.

El área de estudio cuenta con muy pocos antecedentes hidrográficos de circulación, velocidad e interacción de las corrientes con el fondo oceánico. Además de encontrarse influenciada por las masas de aguas del Mar del Scotia, la zona de estudio se halla muy cercana a la salida oriental del Canal Beagle. Este canal recibe en su extremo occidental aguas provenientes del Océano Pacífico a través de la Corriente Cabo de Hornos (constituida por la masa de agua subantártica), la cual fluye hacia el este mezclándose en su trayecto con agua de deshielo (Antezana 1999). Debido a la presencia de *sills* en el canal, se generan una serie de subambientes de circulación restringida. En el lado oriental del canal, el agua está compuesta por dos capas, en donde la

SAMW fluye por debajo de una capa menos salina y más fría, conformando una picnoclina de 25.5 kg/m^3 a los 20 m de profundidad (Giesecke et al. 2021).

2.4 Glaciaciones y variación del nivel del mar

Otro factor condicionante en la geomorfología actual *onshore* y *offshore* del área de estudio son las glaciaciones. A partir del Mioceno tardío en adelante, en el sector austral de Sudamérica ocurrieron una serie de glaciaciones que moldearon el paisaje de toda la región (Rabassa 2008). Los depósitos glaciales más antiguos de estos eventos están datados a partir de rocas volcánicas que los recubren con una edad K/Ar de $5,05 \pm 0,07 \text{ Ma}$ (Mercer 1976), y se encuentran conservados solamente en el sector norte de la IGTdF. En el sector sur de IGTdF y zona del Archipiélago Fueguino, los depósitos glaciales más antiguos preservados corresponden a los de la Glaciación Lennox/Gotiglacial/Sloggett (=Illinois, Riss), con una datación en el Pleistoceno medio ca. 125-150 ka (*Marine Isotope Stage* o MIS 6) (Caldenius 1932; Rabassa et al. 2004). Esta glaciación tuvo su extensión máxima hacia el este hasta la zona de la Bahía Sloggett, abarcando solamente su margen occidental (Fig. 14). Esto quedó evidenciado por la presencia de morenas laterales producto del avance del Glaciar Beagle que discurría a lo largo del Canal Beagle. Posteriormente, una segunda glaciación afecta la zona de estudio, reflejada en los depósitos del Último Máximo Glacial (UMG/LGM: *Last Glacial Maximum*), 19-23 ka (MIS 2), también conocida como Glaciación Moat (o Wisconsin, Würn) (Rabassa et al. 1990; Coronato et al. 1999). El nombre Moat se debe a la presencia de morenas terminales halladas en la Bahía Moat, la cual se encuentra al oeste de la Bahía Sloggett. Estos depósitos terminales indicarían que durante esta glaciación el Glaciar Beagle tuvo una menor expansión hacia el este que en la Glaciación Sloggett. No obstante, durante el MIS 2, el área de Bahía Sloggett fue escenario de la acción glaciaria con desarrollo de glaciares locales en las cumbres montañosas que rodean a la bahía, como el caso de los Montes Lucio López los cuales generaron depósitos glacifluviales pendiente abajo (Rabassa 2008). Las estimaciones del descenso del nivel de mar durante el UMG para el sector sur de Sudamérica se calculan en unos -120 m, generando una exposición subaérea de la plataforma continental (Clapperton 1993; Ponce et al. 2011).

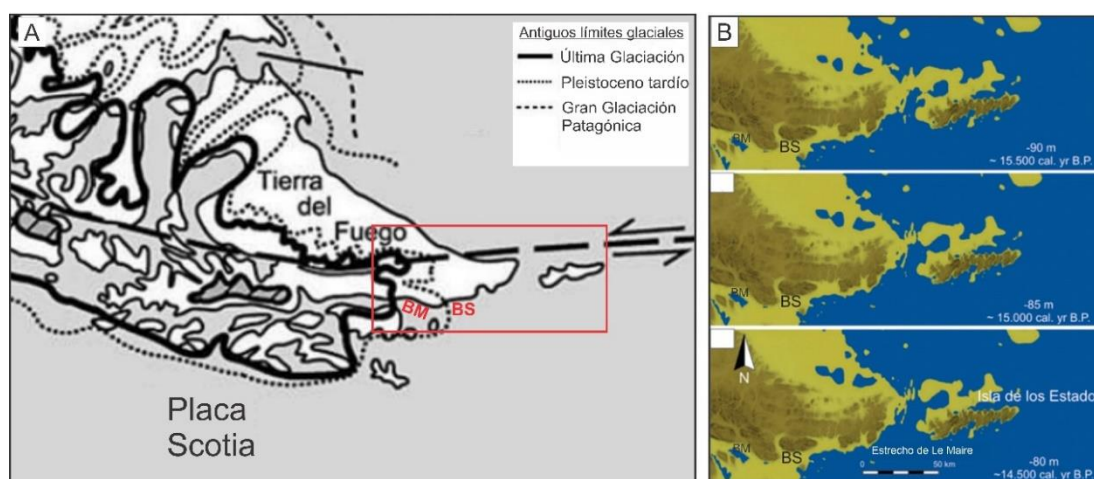


Fig. 14: A) Mapa del sector sur de Sudamérica en donde se señala las extensiones de cada glaciación. Observar que la glaciación del Pleistoceno llega hasta el borde occidental de la Bahía Sloggett (BS), mientras que la Última Glaciación se extiende hasta la Bahía Moat (BM). El recuadro rojo indica la zona de la figura B. Modificado de Singer et al. (2004). B) Evolución de la línea de costa entre los 15500 y 14500 años antes del presente (yr B. P.), durante la última glaciación. Notar como la zona de la Bahía Sloggett (BS) queda expuesta a la erosión subaérea/fluviol. Modificado de Ponce et al. (2011).

PARTE II

Metodologías y Datos utilizados

CAPÍTULO 3: MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se explican los conceptos y métodos utilizados mediante una introducción teórica de los mismos. Luego se describen los datos adquiridos y finalmente se explica el trabajo realizado en gabinete. Las bases de datos utilizadas para la confección de esta tesis doctoral consisten en un conjunto de datos propios tomados durante 3 campañas oceanográficas, datos previos pertenecientes al Grupo de Trabajo de Geología Marina, y datos públicos descargados de diferentes organismos/instituciones que se detallan a lo largo del presente capítulo.

3.1 Marco Teórico

3.1.1 Métodos geofísicos

La adquisición de datos acústicos se realiza mediante la emisión y recepción de ondas acústicas. Las ondas son generadas por un sistema de transductores que se colocan en el casco del barco (también pueden ser portátiles) (Fig. 15), cuya función principal es generar a partir de un impulso eléctrico las vibraciones que producen las consecuentes ondas acústicas. Estas ondas se transmiten por la columna de agua hasta llegar al fondo oceánico en donde algunas son reflejadas, otras son refractadas, mientras que algunas son refractadas para posteriormente ser reflejadas. Luego son captadas por los transductores específicos que se encargan de volver a transformar la onda acústica en un impulso eléctrico el cual es decodificado para la final visualización en el software de cada equipo.



Fig. 15: Buque Oceanográfico Austral con los equipos acústicos instalados en su casco. EM112: Equipo de batimetría multihaz, P70: Equipo para la adquisición de sísmica de alta resolución. ADCP: Equipo para la medición de corrientes oceánicas. EM2040 y EK80 son otros equipos que posee el buque los cuales fueron instalados en el 2018 (posterior a

las campañas del 2017). Notar que el EM122 posee dos sistemas de transductores perpendiculares entre sí, en donde el instalado en dirección proa-popa es el emisor de ondas, y el de dirección babor-estribor es el receptor.

Al equipo que emite/recibe ondas acústicas se lo conoce como ecosonda o SONAR (*Sound Navigation And Ranging*, 'navegación por sonido'). Estas ecosondas tuvieron un gran desarrollo a partir de la segunda guerra mundial, las cuales eran instaladas en los submarinos para detectar obstáculos o enemigos cercanos. Posteriormente, al conocer el potencial que tenía este nuevo instrumental, se empezaron a utilizar para fines cartográficos, oceanográficos, geológicos, etc.

El orden de frecuencias utilizadas por cada equipo es lo que determina la resolución obtenida. Para el caso de las sísmica superficial de alta resolución (SBP), batimetría, y ADCP se utilizan frecuencias en el orden del kHz mientras que en la sísmica profunda el orden de magnitud es en Hz. En las ecosondas batimétricas el rango de profundidad a estudiar va a determinar los valores de la frecuencia a utilizar, con un amplio rango de equipos que varían entre 10-400 kHz. En el SBP las frecuencias utilizadas son más bajas, siendo entre 3-39 kHz, mientras que el ADCP utiliza al igual que la batimetría un amplio rango dependiendo de la resolución requerida abarcando desde 36 kHz (menor resolución, pero mayor cobertura) a 500-600 kHz (mayor resolución y menor cobertura).

3.1.1.1 Ecosondas batimétricas

Las primeras ecosondas eran de un solo haz (monohaz), las cuales tenían una cobertura o 'pisada' estrecha con muy poca resolución. A partir de la década de 1970 estos equipos empezaron a ser de tipo multihaz, lo que les otorgaba una mayor cobertura y precisión en la detección del fondo oceánico (Clarke 2012). Según la profundidad de estudio (como se mencionó anteriormente), la magnitud de la frecuencia utilizada cambia siendo las más elevadas las necesarias para sectores someros y las más bajas para zonas profundas (Fig. 16).

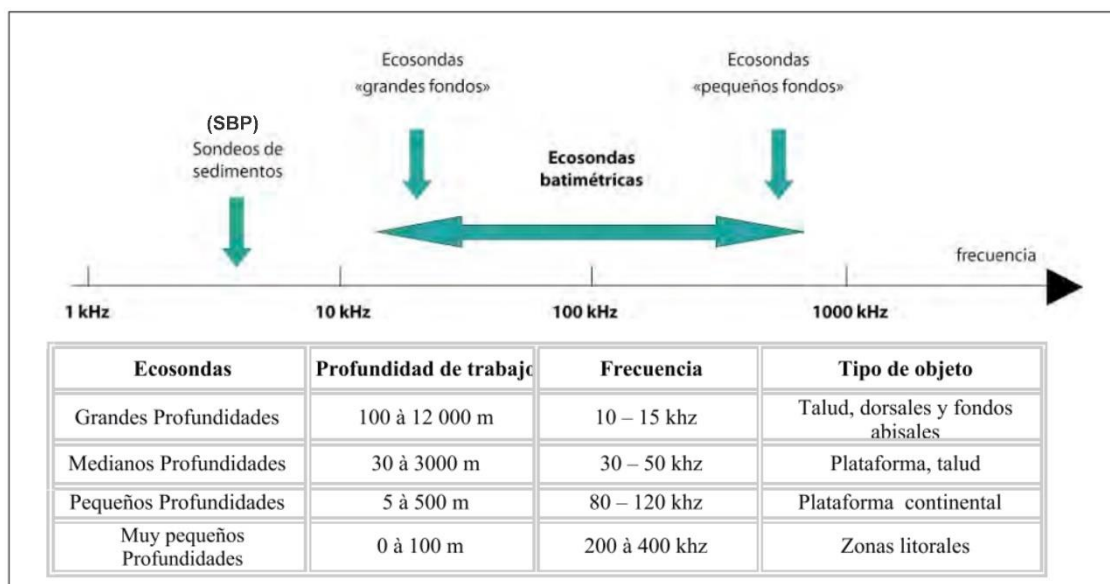


Fig. 16: Rango de frecuencias de las ecosondas batimétricas. Las frecuencias más bajas corresponden a la detección de los primeros metros de sedimento (SBP). Modificado de http://www.ifremer.fr/flotte/equipements_sc/sondeurs_multi/caracteristiques.

El principio fundamental de la adquisición batimétrica es medir el tiempo entre la emisión y retorno de la onda acústica para poder determinar con exactitud la profundidad de cada punto. El mecanismo de funcionamiento consiste en la emisión de haces en forma de abanico los cuales detectan el fondo mediante dos métodos: por amplitud y por interferometría. Los haces más

cercanos al nadir (haz central) son los que utilizan el método de amplitud mientras que los más alejados usan el método por interferometría (o fase) (Fig. 17B).

La resolución del método está dada por la anchura del haz, siendo los de mayor resolución aquellas ecosondas con menor ángulo de haz, y por su ángulo de apertura (Fig. 17A), mientras que la precisión corresponde a la calidad de la estimación de la profundidad (precisión vertical) y de la posición de las sondas (precisión horizontal). Dado que la huella acústica aumenta con la profundidad, se pueden mapear mayores extensiones en los niveles inferiores del talud y emersión continental, pero a una menor resolución.

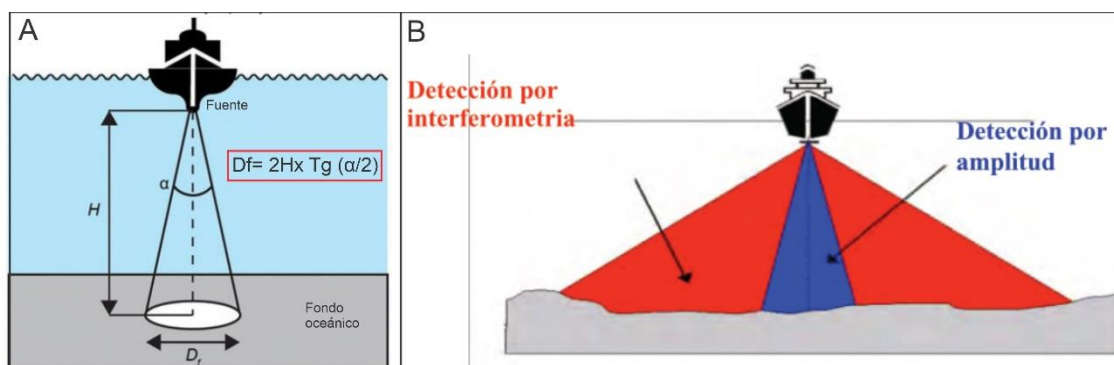


Fig. 17: A) Esquema trigonométrico simplificado para la determinación de la resolución horizontal (ver fórmula del recuadro rojo). A mayor profundidad (H), mayor área de cobertura (D_f) pero a una menor resolución. B) Métodos de detección del fondo oceánico. Tomado de Michaud et al. (2009).

3.1.1.2 Retrodispersión (*backscatter*)

Un dato que se adquiere en simultáneo con la batimetría es el de retrodispersión (*backscatter*). Este consiste en los valores de amplitud de la onda, medidos en decibelios (dB), al momento de su arribo, lo que permite medir la diferencia entre las amplitudes enviadas y recibidas a modo de evaluar la energía dispersada en el trayecto. Los valores recibidos se pueden vincular con las facies del suelo ya que un suelo duro va a tender a dispersar más la energía haciendo que el sensor reciba la mayor parte de la energía enviada, mientras que un suelo blando va a tender a absorber gran parte de esta haciendo que el sensor reciba un menor porcentaje. Sin embargo, la relación entre facies del suelo y energía recibida no es tan directa, sino que hay que considerar varios factores como las intrínsecas del suelo (compactación, textura, porosidad, densidad, impedancia acústica, tamaño de grano), y otras extrínsecas como el ángulo de incidencia, presencia de organismos bentónicos (conchillas, bioturbación, etc), flora marina, y tipo de relieve (plano, inclinado hacia el buque o inclinación opuesta, pendiente, etc) (Lurton 2002; Nitsche et al. 2004; Medialdea et al. 2008). Por estos motivos las estimaciones de las facies de fondo oceánico son de carácter cualitativo, aunque en los sitios en que sí se cuentan con muestras superficiales se puede hacer una estimación más certera. Este dato de intensidad (decibelio) y tamaño de grano se puede extrapolar a otros pixeles de igual intensidad para así lograr una estimación regional cualitativa de las facies del suelo (Dartnell y Gardner 2004).

3.1.1.3 Perfiles sísmicos de subfondo de alta resolución (SBP)

Los perfiles sísmicos de alta resolución son de sumo interés para conocer los procesos sedimentarios recientes ya que poseen una penetración máxima de ~200 m bajo el fondo marino. El mecanismo de funcionamiento se basa en el envío y recepción de ondas acústicas haciendo uso del efecto paramétrico, las cuales se refractan y reflejan en las interfaces de la columna sedimentaria dado los contrastes de impedancia acústica. La señal transmitida con una potencia máxima de 70 kW por pulso se encuentra compuesta por dos frecuencias primarias

similares (PHF, *Primary High Frequency*) las cuales interactúan entre sí, dando lugar a ondas armónicas de diferentes frecuencias: una de frecuencia baja (SLF, *Secondary Low Frequency*) producto de la resta entre las frecuencias enviadas, y otra de frecuencia alta (SHF, *Secondary High Frequency*) resultante de la suma entre ambas. Cada frecuencia es útil para distintos objetivos siendo la SHF la utilizada para estudiar las características de la columna de agua, la PHF para una buena resolución de los primeros metros de sedimento, y la SLF, de mayor penetración, para estudiar las características de los estratos a profundidades de hasta 200 m bajo el fondo marino.

Una de las principales ventajas de este equipo es que la onda paramétrica generada, SLF, tiene la resolución espacial de la PHF (haz de emisión con poca apertura, entre 4,5 y 5°), lo cual genera que haya poca dispersión de la señal, otorgando una mayor penetración y resolución del haz dentro del fondo marino. El envío de señales de baja frecuencia directamente desde el equipo produciría un haz de 30° de apertura, de menor resolución.

3.1.1.4 Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP)

El Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP) es un equipo para medir la velocidad de las masas de aguas. Utiliza ondas acústicas para medir la velocidad y la dirección de las partículas en el agua (Fig. 18), y luego procesa la información para producir un perfil de velocidad de corriente. El mecanismo de funcionamiento consiste en el principio Doppler. Para que sea efectivo se necesitan dispersores de frecuencia, estos son sedimentos en suspensión (600 kHz), copépodos (200 kHz), krill (120 kHz), y peces (38 kHz).

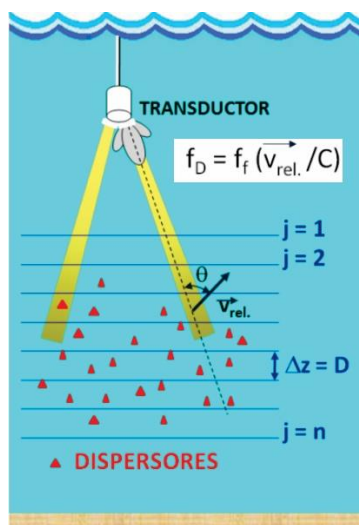


Fig. 18: Principio del efecto Doppler para el cálculo de velocidades y direcciones de las masas de agua. *J*: estrato. Para cada *J* se aplica la fórmula F_D : Corrimiento Doppler en frecuencia. F_f : frecuencia de la fuente, V_{rel} : Velocidad relativa que resulta de la diferencia entre la Velocidad de la fuente y la Velocidad de la corriente, C : Velocidad del sonido (m/s). Figura modificada de Baqués et al. (2017).

3.1.1.5 Sincronizador

El sincronizador es un equipo de vital importancia a fin de evitar superposiciones, artefactos, y ruido entre los equipos acústicos dada sus similitudes en las frecuencias de emisión. Para esto se asignan tiempos específicos en la emisión del haz de cada equipo (o *ping*). El BOA cuenta con el K-Sync (*synchronization unit*) de la empresa Kongsberg (Fig. 19).

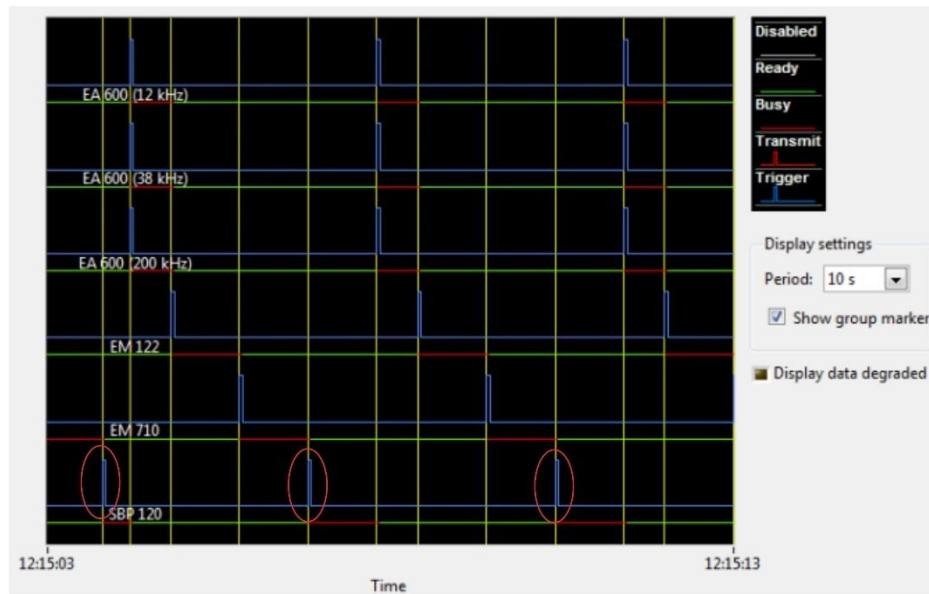


Fig. 19: Interfaz del sincronizador. Notar como todos los equipos (EA600, EM122, EM710, SBP120) poseen un tiempo de emisión (ping) distinto, a fin de evitar una superposición e introducción de ruidos en los dispositivos. Con círculos rojos se señalan los tiempos de emisión para el caso del SBP120. Imagen modificada del manual de operación del K-Sync.

3.1.1.6 Corrección por velocidad de sonido

Todos estos equipos acústicos se encuentran directamente vinculados a la velocidad de propagación del sonido en el medio acuático. Esta velocidad no es constante, sino que está afectada por las distintas masas de agua que circulan en el área de estudio. Dados sus parámetros físicos como la temperatura y salinidad, junto a un aumento en la presión a medida que se incrementa la profundidad, la velocidad va a tender a fluctuar a lo largo de la columna de agua. En el caso de la batimetría es requisito fundamental tener un buen conocimiento del perfil de velocidad de la zona para calcular con mayor exactitud la profundidad real. Esto se realiza con perfiladores de velocidad de sonido (o SVP: *Sound Velocity Profiler*, Fig. 20) los cuales son equipos que se bajan en el mar hasta una profundidad cercana al fondo, en cuyo trayecto van midiendo la velocidad de propagación del sonido. Las mediciones deben realizarse en cada zona de prospección o cada cierto tiempo (habitualmente cada 12 hs).



Fig. 20: Perfilador de velocidad de sonido AML Mino-x SV 6000 dBar del Buque Austral.

3.1.1.7 Corrección por movimientos

Otro factor fundamental para tener un buen dato batimétrico (u otro tipo de dato acústico como SBP) es la corrección de los movimientos propios de la embarcación dados por el oleaje, viento y ruido de sus motores. Por estos motivos, el dato adquirido es corregido por los 4 movimientos de cabeceo (*pitch*), guiñada (*yaw*), balance (*roll*), y arfada (*heave*), mediante dos equipos complementarios a la ecosonda (Fig. 21). El primero es una unidad de referencia del movimiento (MRU: *Motion Reference Unit*) colocado en el centro de equilibrio de la embarcación cuyo sitio es el menos afectado por estos 4 movimientos, y el segundo es una unidad de procesamiento que hace la corrección final. El MRU consiste en una serie de acelerómetros y giroscopios que se encargan de la estabilización, cuya información es transmitida hacia la unidad de procesamiento. Esta última se encarga de la combinación de esa información con la del sistema de posicionamiento. Finalmente, los datos son transmitidos hacia el *software* de adquisición de batimetría.

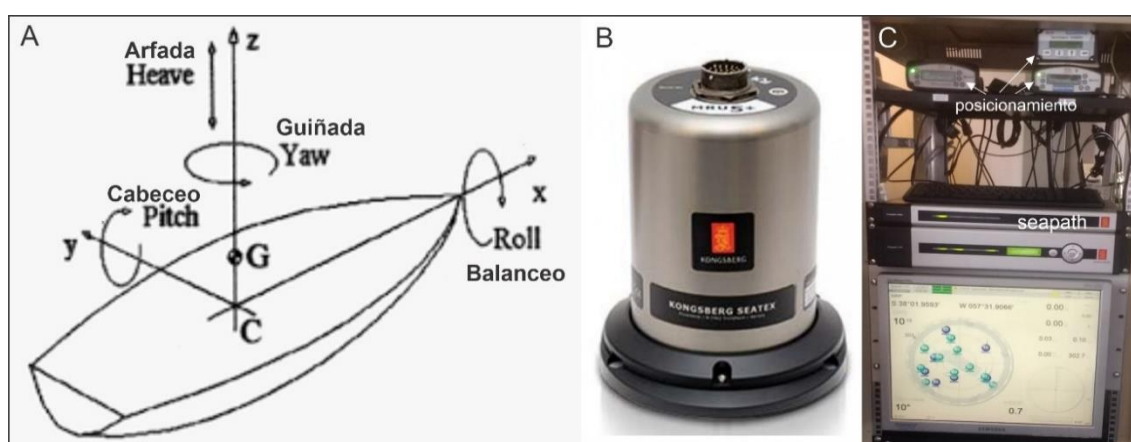


Fig. 21: A) Esquema de los movimientos del barco. B) Unidad de referencia del movimiento MRU 5+. C) Unidad de procesamiento (Sistema Seapath330) instalado en el puente científico del BOA, junto a los equipos de posicionamiento.

3.1.1.8 Resolución vs Espaciado horizontal

Al trabajar con grillas es importante destacar la diferencia entre los conceptos de espaciado horizontal y resolución (horizontal). El espaciado horizontal es la distancia (medida en la horizontal) de dos nodos adyacentes de la grilla. En cambio, el concepto de resolución corresponde al tamaño de los rasgos que pueden ser identificados. Esto significa que la resolución está dada por la calidad de la adquisición mientras que el espaciado horizontal es producto de cómo se presentan los datos. Ambas se pueden expresar en distancias (metros) o unidades angulares (grados, minutos o segundos sexagesimales). En general, estos valores son iguales. Es decir que la resolución de los datos es similar al espaciado horizontal de las grillas. Pero no siempre es así. En el caso de que una grilla tenga mayor espaciado horizontal (en relación con la resolución), entonces se produce una pérdida de datos durante el procesamiento. Dicha grilla se denomina submuestreada en esta tesis. Es decir, que se podría crear una grilla de menor espaciado horizontal (y con mayor resolución) en caso de poder obtener los datos originales (o crudos). Finalmente, en el caso de que el espaciado horizontal sea menor que la resolución (caso inverso), entonces la grilla resultante tiene datos redundantes (y llegado el caso se podría simplificar la grilla para reducir su tamaño).

Lo anterior es importante para el caso de la batimetría multihaz. En los relevamientos la resolución (horizontal) depende de la apertura de cada haz y de la profundidad (Fig. 22). La apertura de cada haz individual depende del equipo que se utiliza (por lo tanto, no varía durante

el relevamiento). Dicho haz aumenta el área de cobertura (o pisada) con la profundidad. Como consecuencia, la resolución de los relevamientos batimétricos es variable con la profundidad. Siendo típicamente de menos de 20 m para relevamientos someros (profundidades menores a 200 m) o de más de 100 m para relevamientos en zonas profundas (Fig. 22). Lo anterior puede variar según la apertura de haz del equipo.

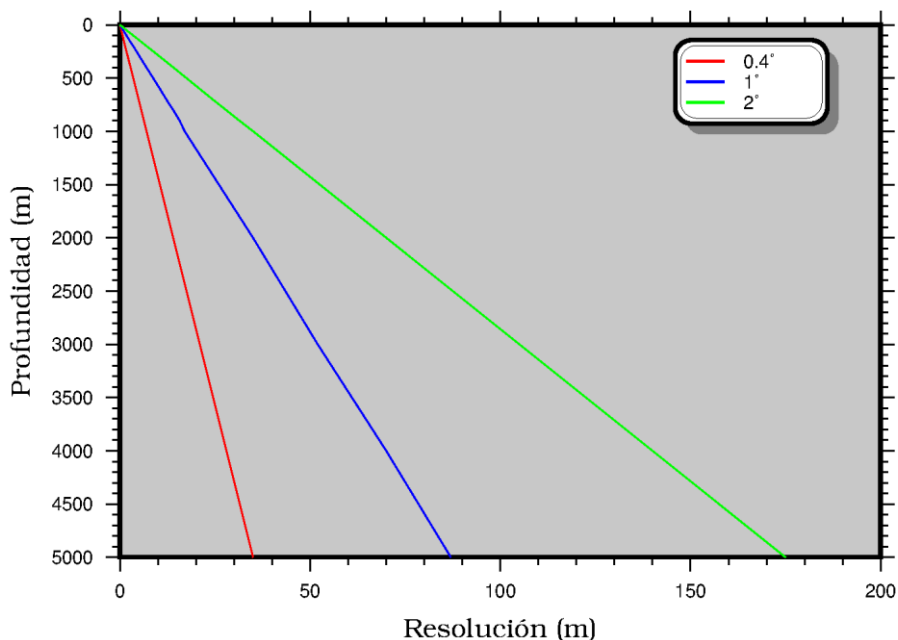


Fig. 22: Resolución vs profundidad de ecosondas batimétricas con distinto ancho de haz. La sonda multihaz EM122 del Buque Oceanografía Austral tiene un ancho de banda de 2x2°. Esta ecosonda alcanza mayores profundidades pero con una resolución menor.

3.1.2 Métodos geológicos

Las muestras geológicas fueron obtenidas en campañas oceanográficas a bordo del BOA mediante los muestreadores: sacatestigo por gravedad, draga y tipo caja. A continuación, se describen las características de cada método.

3.1.2.1 Sacatestigo por gravedad

El sacatestigo por gravedad (o *gravity corer*) es una herramienta de toma de testigos de sedimentos blandos desde tamaño arcilla a arena fina basada en el peso del propio equipo para penetrar el suelo mediante gravedad. El sistema de *gravity corer* instalado en el BOA consiste en un equipo conformado por un cabezal en donde se coloca el lastre conformado por pesas de 50 kg hasta un total de 1500-2000 kg (Fig. 23). Adherido al cabezal se le une un tubo metálico de 3,5 m denominado pipa, el cual actúa de estructura de contención para el portatestigo (*liner*) que se coloca por dentro del mismo. Este portatestigo consiste en un tubo de PVC, de 9,5 cm de diámetro, en donde la muestra queda retenida una vez que el equipo penetra en el suelo. En el extremo final de la pipa se enrosca una boquilla de corte la cual es la primera en tener contacto con el fondo marino y es lo que permite la penetración sobre el mismo (Fig. 24). Esta boquilla lleva adentro una válvula de retención que se encarga de permitir la entrada de sedimento pero no la salida, de forma de asegurar que la muestra no se pierda durante el recorrido de vuelta al buque.



Fig. 23: A) Equipo completo de gravity corer en el momento en que ingresa en el agua. B) Equipo gravity corer con una sola pipa colocada. C) Detalle del cabezal con el lastre correspondiente a pesas de 50 kg.



Fig. 24: A) Boquilla de corte. Observar su punta más filosa. B) Válvulas de retención. Esta se coloca dentro de la boquilla de corte. C) Cupla utilizada para unir las pipas en caso de que las condiciones sean favorables, expandiendo el rango de obtención de muestra de 3,5 m a 7 m.

Para la mejora en las tomas de decisiones a modo de proteger los equipos, y aumentar a la vez las probabilidades de éxito, cada punto de muestreo fue previamente analizado con las ecosondas del BOA. Esto se llevó a cabo analizando la profundidad, la geomorfología del área, la dureza del fondo oceánico, y la disposición estratigráfica de los sedimentos a través de los perfiles sísmicos de alta resolución. Dependiendo del análisis favorable o no, se hicieron maniobras con una pipa (3,5 m) o se le adhirió otra más, logrando una potencial recuperación máxima de 7 m de sedimento.

La metodología típica para esta maniobra consistió en la bajada del equipo a 1 m/s hasta 150 m antes del fondo, el cual suele ser determinado previamente mediante la sonda batimétrica EM122. En ese momento, se dejó reposar el equipo para su estabilización durante aproximadamente 3 minutos. Una vez cumplido ese tiempo, el cable fue lascado a máxima velocidad llegando a picos de 1,4 m/s. Se utilizó el tensiómetro en todo momento de la maniobra para monitorear el estado del cable, y para distinguir el momento en que el equipo toca fondo, lo cual se visualiza por una baja abrupta en la tensión de este (Fig. 25). Inmediatamente, se lascaron entre 5 y 10 m más de cable para asegurar que el equipo penetre el suelo. Finalmente, se sube el cable a una velocidad mínima de 0,1 - 0,2 m/s. En los suelos blandos, durante el retorno del cable, se visualiza un nuevo pico en la tensión y una posterior baja, lo que indica que el equipo realmente penetró el fondo. Esto se debe a que, al subirlo, el suelo circundante le genera una fricción al equipo lo cual se interpreta como esa subida de tensión, para luego bajar una vez que se despega del suelo. En suelos más duros, de granulometría arena generalmente, el equipo presentó un menor rango entre la subida de tensión y posterior baja durante el levantamiento, lo que dificultó su adecuada interpretación.



Fig. 25: Tensiómetros en el laboratorio geológico del BOA. A) Tensiómetro 1. B) Tensiómetro 2 durante el lascado con una tensión de 4,6. C) Tensiómetro 2 al momento de tocar fondo. Observar como la tensión disminuye en ese momento hasta 2,4.

3.1.2.2 Draga

La draga es otro tipo de muestreador que posee el BOA el cual sirve para recolectar fragmentos de rocas, y sedimentos de mayor tamaño (Fig. 26). El mecanismo de funcionamiento consiste en bajar el equipo, por popa, hasta que toque fondo mientras que el buque se mueve en un determinado rumbo a una baja velocidad (típicamente 2 nudos/ 3,7 km/h). Durante el tiempo que el equipo se encuentre en el lecho marino, aproximadamente 5 minutos, el mismo va siendo arrastrado por el suelo para recolectar el material presente a su paso: rocas, organismos bentónicos, sedimento grueso, conchillas, etc.



Fig. 26: Draga de arrastre utilizada en el BOA. Notar la variabilidad en los tamaños de sedimento recolectado, junto a la presencia de material orgánico (conchillas).

3.1.2.3 Muestreador tipo caja

El muestreador *box corer* consiste en una estructura cuadrada tipo caja, de medidas de 0,50 x 0,50 y 0,60 m de profundidad (= volumen: 0,15 m³), la cual se coloca en un sistema de 'palanca' que se acciona al momento de tocar fondo (Fig. 27). A diferencia del muestreador *gravity corer*, este se caracteriza principalmente por la obtención de una porción de suelo oceánico sin disturbar lo que lo hace sumamente confiable para muestreos superficiales de sedimento, y para las ciencias biológicas en la determinación de las relaciones cuantitativas de los organismos que allí viven, entre otros. Con este equipo es posible la obtención de muestras en lugares con sedimento más arenoso-gravoso, en los cuales el equipo *gravity corer* no penetra.

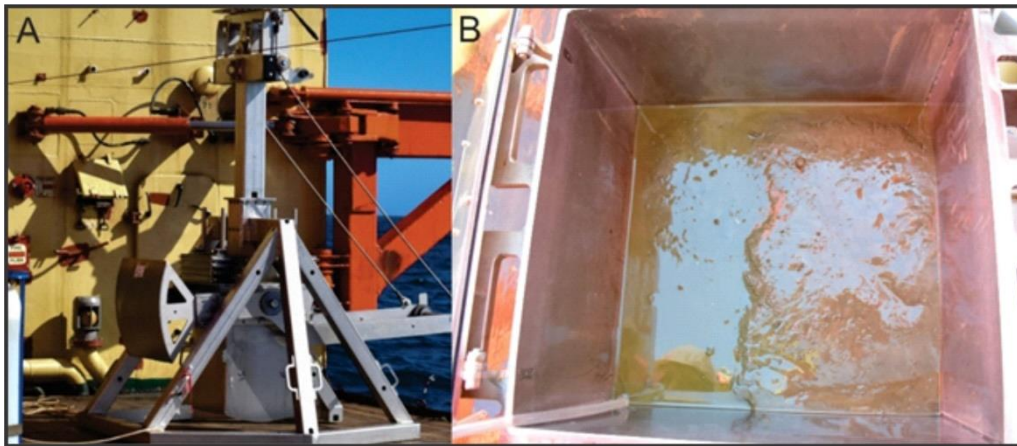


Fig. 27: A) Equipo completo de box corer. Notar el mecanismo de palancas que posee para la penetración de la caja en el suelo. B) Caja muestreadora con sedimento sin disturbar.

3.1.3 Definiciones de parámetros morfométricos

La descripción de los principales parámetros morfométricos analizados para los cañones submarinos siguen las definiciones de Baztan et al. (2005), Tubau et al. (2015), Wiles et al. (2019). Los parámetros empleados son:

1. Longitud del cañón: Es el largo del cañón medido sobre el valle principal, siguiendo los puntos de mayor profundidad (*Vaguada/Thalweg*) (Fig. 28).
2. Longitud horizontal/distancia euclidiana: Es la distancia horizontal medida a partir de una línea recta entre el punto de inicio (cabecera/sector superior) y el final del cañón (pie), o entre tramos del cañón (Fig. 28).

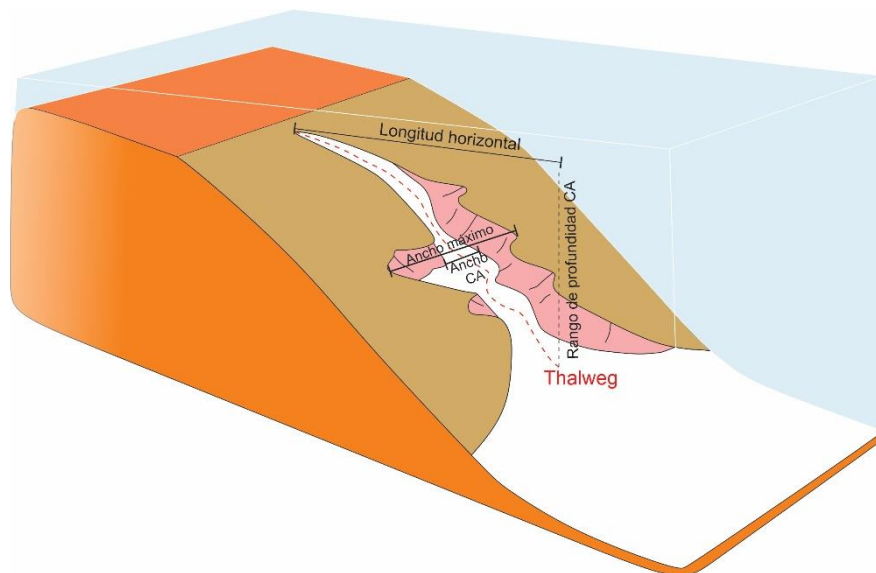


Fig. 28: Esquema 3d de los parámetros morfométricos del canal axial (CA) y del cañón.

3. Sinuosidad: Es un coeficiente determinado a partir de la longitud del cañón en relación con la distancia en línea recta entre su cabecera y pie. Esta distancia puede ser medida de dos formas:
 - Sobre la línea horizontal (longitud horizontal)
 - Sobre la línea que une el punto menos profundo con el más profundo (esta línea es más larga que la longitud horizontal, ya que en términos geométricos la

longitud horizontal está representada por el cateto mayor o menor, y esta línea corresponde a la hipotenusa).

Siguiendo la metodología implementada por Babonneau et al. (2002), y Harris y Whiteway (2011), la sinuosidad fue medida considerando la línea horizontal. Cuanto más alejado a 1, más sinuoso es el cañón.

4. Rango de profundidad: Es la diferencia de altura entre el punto inicial y final, medido sobre:
 - a) El margen continental
 - b) El canal axial (Vaguada/*Thalweg*)
5. Altura: Es la distancia en vertical medida a partir del punto más profundo (*thalweg*) con respecto al:
 - a) Borde del flanco del valle principal
 - b) Borde del canal axial

Tener en cuenta que en algunos cañones se da una diferencia de altura considerable entre ambos flancos (asimétricos), por este motivo consideramos la altura como la de máxima diferencia en ese sector (Fig. 29). Otros autores como Babonneau et al. (2002) hacen un promedio entre ambas alturas. Cabe destacar que en las zonas donde el cañón posee un trayecto paralelo al margen, el flanco superior va a tener una altura agregada producto de la propia configuración del margen, en este caso se hizo el promedio entre ambos flancos. Por otro lado, hay que considerar de donde se toman las profundidades de referencia, siendo las profundidades del canal axial (vaguada/*thalweg*) nombradas como metros de profundidad axial (m axial), mientras que las demás profundidades fueron nombradas como metros bajo nivel del mar (mbnm).

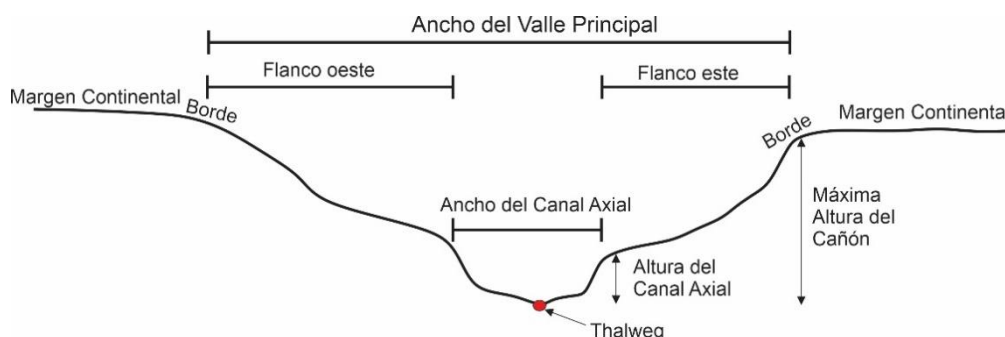


Fig. 29: Perfil esquemático de los parámetros morfométricos de un cañón submarino, resaltando las características del valle principal y canal axial. Modificado de Tubau et al. (2015). A lo largo del cañón el canal axial posee zonas con un muy buen desarrollo y otras zonas en donde su delimitación es más difusa.

6. Gradiente: Es el ángulo medido entre el:
 - a) Rango de profundidad del margen continental y longitud horizontal. Se usa para calcular el gradiente del margen.
 - b) Rango de profundidad del canal axial y longitud del cañón. Se usa para calcular el gradiente del cañón.
7. Ancho: Es la distancia entre los bordes de los flancos medida en forma perpendicular al:
 - a) Valle principal
 - b) Canal axial
8. Orientación: Es la dirección del canal axial. Se representó mediante diagramas de rosa.
9. Cañones tributarios: Es la cantidad de brazos/cañones que se unen al valle principal

10. Área: Es la superficie elipsoidal abarcada por el cañón, medida entre los bordes de los flancos desde la cabecera hasta el pie del cañón.
11. Volumen erosionado: Es una aproximación a la cantidad de material erosionado que originó al cañón. Se obtiene a partir de una reconstrucción del margen continental previo a la aparición del cañón (Fig. 30, A). Este primer cálculo representa el volumen que hay desde el margen continental hasta la superficie (vol1). Luego se hace el mismo cálculo considerando la configuración actual del margen (presencia del cañón) (Fig. 30, B), y se obtiene un nuevo volumen (vol2). La diferencia entre el vol1 y vol2 es la cantidad de material erosionado (Fig. 31).

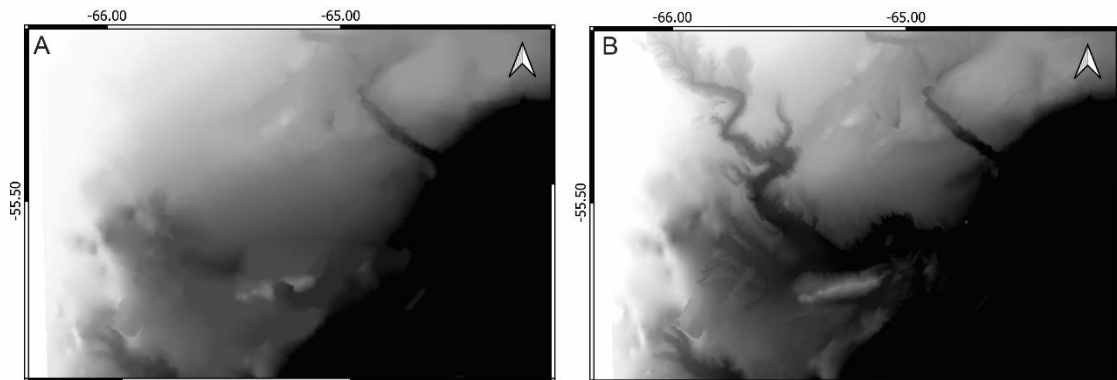


Fig. 30: A) Sector de la zona de transición, sin la presencia del cañón Sloggett, luego de la reconstrucción del margen continental. B) Sector de la zona de transición con la configuración actual. La diferencia de volumen entre las dos imágenes da como resultado una aproximación del volumen erosionado.



Fig. 31: Cálculo del volumen para el Cañón Sloggett, a partir de la reconstrucción del margen previo al cañón con respecto a la configuración actual. La diferencia entre ambos volúmenes da una aproximación a la cantidad de material erosionado.

12. Ratio del volumen: Es la cantidad de sedimento erosionado por área.
13. Perfiles Longitudinales: Para realizar la comparación de perfiles longitudinales entre cañones, es necesario normalizar la longitud del cañón y profundidad con respecto al:
 - a) Borde del talud: se normalizan los perfiles hasta la base del talud. Para determinar la base del talud se considera el punto donde el perfil alcanza un gradiente menor a 0.25° , y una curvatura entre -10^{-7} y 10^{-7} (Covault et al. 2011).
 - b) Final de la parte confinada: se normalizan los perfiles desde la cabecera hasta el final de la parte confinada (ej. hasta la transición canal-lóbulo). Este punto es subjetivo ya que en muchos casos no se cuenta con una resolución en la batimetría que permita la correcta ubicación o en los casos en que sí se cuenta el límite no es tan claro (Covault et al. 2011).

c) Margen continental: se utiliza para saber el grado de incisión del cañón con respecto al margen. Se realiza considerando el largo total de la parte confinada del cañón con respecto al largo del margen aledaño (sin cañones). Este fue el utilizado para el análisis de perfiles.

3.2 Bases de datos

La base de datos utilizada consiste en datos públicos disponibles en internet, datos relevados previamente por el grupo de trabajo y datos adquiridos durante 3 campañas oceanográficas en el marco de esta tesis.

3.2.1 Datos públicos

Se consultaron los siguientes datos públicos:

- Datos batimétricos del proyecto GEBCO (La Carta Batimétrica General de los Océanos/ *The General Bathymetric Chart of the Oceans*).
- Datos batimétricos del sitio *Global Multi-Resolution Topography* (GMRT).
- Modelo GLORYS12V1 del programa Copernicus de datos oceanográficos satelitales de medición de velocidades y direcciones de las corrientes de fondo.
- Base de datos mundial del Océano: Base de datos de CTD (Conductividad, Temperatura, Profundidad/ *Conductivity, Temperature, Depth*) para estimar las masas de agua que circulan en el área de estudio.

3.2.1.1 Batimetría GEBCO

El proyecto GEBCO es una iniciativa de carácter pública cuyo fin es desarrollar mapas con el mayor set de datos disponibles de cada zona. Se encuentra auspiciada por la Organización Internacional de Hidrografía (IHO: *International Hydrographic Organization*), y por la Comisión Oceanográfica Intergubernamental (IOC: *Intergovernmental Oceanographic Commission*) perteneciente a la UNESCO.

Los datos públicos corresponden a la grilla batimétrica GEBCO disponible libre y gratuitamente en internet (<https://www.gebco.net/>). Se utilizaron distintas versiones desde la versión de 2014 al inicio de esta tesis, hasta la última versión disponible (2022) que se utilizó para la elaboración final de las figuras presentes en esta tesis. Estas grillas son modelos continuos de terreno que incluyen tanto áreas sumergidas como emergidas. Para su elaboración se usaron dos tipos de datos: directos e indirectos (inferidos e interpolados). Los primeros corresponden a mediciones realizadas desde embarcaciones y la fuente principal son los relevamientos de batimetría multihaz.

En la zona de estudio regional la grilla GEBCO (v. 2022) fue confeccionada a partir de datos directos que incluyen batimetría monohaz, multihaz y sondeos (Fig. 32). Los “agujeros/*gaps*” fueron rellenados mediante la interpolación de datos (métodos indirectos).

La grilla GEBCO (v. 2022) tiene un espaciado horizontal de 15 segundos de arco (~465 m X 250 m en esta latitud). Esto significa que está submuestreada en las áreas relevadas con batimetría multihaz. Solo debería utilizarse para áreas sin cobertura de batimetría multihaz o donde no es posible obtener dichos datos con menor espaciado horizontal.

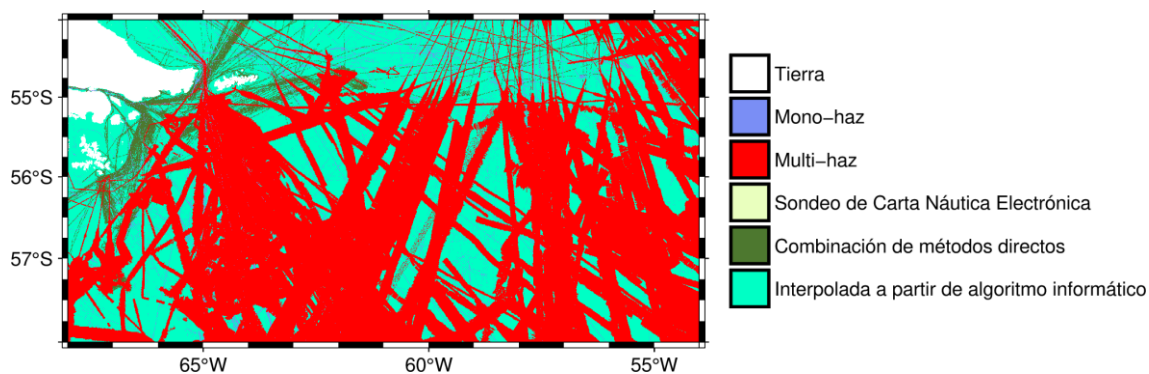


Fig. 32: Mapa de los tipos de datos (denominada GEBCO_TID) utilizados para la elaboración de la grilla GEBCO (v.2022).

3.2.1.2 Batimetría GMRT

Para esta tesis se utilizó la versión 4.1 del modelo batimétrico GMRT (*Global Multi-Resolution Topography*, <https://www.gmrt.org/GMRTMapTool/>). La confección del modelo es similar a la grilla GEBCO. La principal diferencia radica en la obtención de grillas batimétricas de menor espaciado horizontal (100 m) en comparación con la grilla GEBCO para las zonas con datos multihaz (Fig. 33; Ryan et al. 2009). Esto significa que la grilla puede o no estar submuestreada dependiendo del ancho de haz con el que cada relevamiento multihaz fue realizado. Si se consideran los típicos anchos de haz de los equipos que se suelen utilizar (Fig. 22), entonces se puede decir que en las zonas de hasta 2500 m de profundidad se encuentra submuestreada.

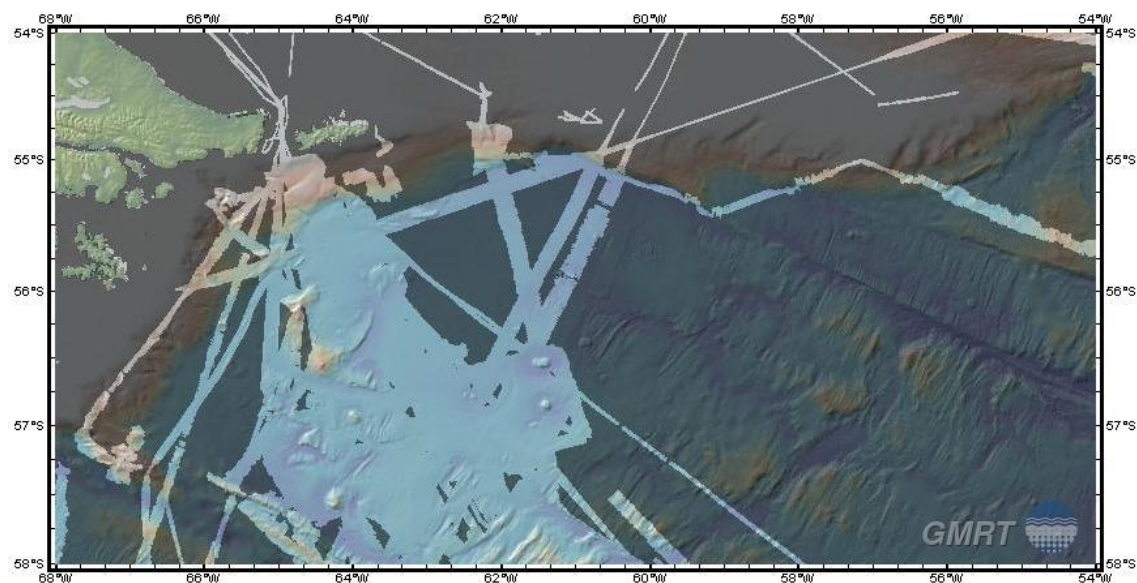


Fig. 33: Mapa batimétrico del sitio GMRT (versión 4.1). En color más claro se marcan las áreas con datos con mayor resolución (100 m, correspondiente a relevamientos multihaz).

3.2.1.3 Modelo GLORYS12V1

El servicio de monitoreo del ambiente marino del programa Copernicus (CMEMS: *The Copernicus Marine Environment Monitoring Service*, <https://marine.copernicus.eu/>) es una base de datos de información marina de acceso público creada con el fin de optimizar el manejo y la toma de decisiones en cuestiones de cambio climático, seguridad marina, recursos marinos, ambiente marino y costero, climáticos, el cual está operado por Mercator Ocean. La base está conformada por datos provenientes de la red de satélites Copernicus, comprendida por los satélites Sentinel, provistos de una serie de sensores con distintas frecuencias de ondas, y por otras mediciones recopiladas de sistemas de seguimiento terrestres, marítimos o aéreos, así

como datos geoespaciales de referencia o auxiliares. Este servicio pone a disposición una gran variedad de productos basados en mapas regionales en donde se muestra la distribución y comportamiento de cierto atributo (corrientes oceánicas superficiales, clorofila, temperatura, extensión del hielo, etc).

El producto utilizado en esta tesis es el '*Global Ocean Physics Reanalysis*' (id = GLOBAL_REANALYSIS_PHY_001_030), conocido como GLORYS12V1, con una resolución horizontal de $1/12^\circ$ ($\approx 0,083^\circ$), una cobertura vertical de 0 a -5500 m (50 niveles), y datos a partir del 1993 hasta la actualidad con una resolución temporal diaria, mensual y/o anual (Fig. 34). La resolución vertical es de 1 m en las capas superficiales y aumenta hasta 450 m en las capas más profundas, siendo entre 450-1400 m de profundidad entre 80 y 200 m. Consta de catorce variables siendo las utilizadas las de salinidad (*sea_water_salinity*) y temperatura (*sea_water_potential_temperature*) para determinar las distintas masas de agua, y las velocidades norte (*northward_sea_water_velocity*) y este (*eastward_sea_water_velocity*) con posterior cálculo de la hipotenusa para determinar la dirección y magnitud. Todas estas capas poseen valores a varias profundidades, en un formato de archivo netCDF (.nc), por lo cual fue necesario realizar un filtrado de estas para trabajar solamente con las profundidades de fondo o superficiales.

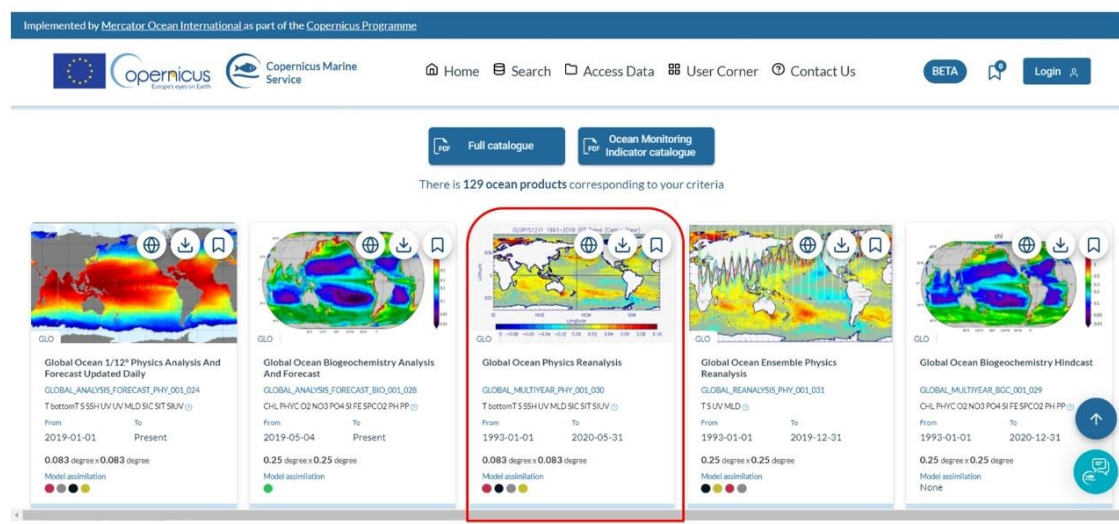


Fig. 34: Interfaz de la página web del CMEMS: The Copernicus Marine Environment Monitoring Service. Con recuadro rojo se señala el producto utilizado: *Global Ocean Physics Reanalysis*. Notar la presencia de otros productos oceanográficos que ofrece este servicio.

3.2.1.4 Base de datos mundial del Océano ('World Ocean Database')

'World Ocean Database' (WOD): Es un proyecto establecido por la '*International Oceanographic Data and Information Exchange*' (IODE) de la comisión intergubernamental oceanográfica (IOC) de UNESCO, y administrada por el '*National Centers for environmental information*' (NCEI) de la oficina nacional de administración oceánica y atmosférica (NOAA) de EE.UU., cuya base de datos provienen de más de 70 instituciones relacionadas a las ciencias del mar, y de diversos proyectos internacionales de observación de parámetros físicos del agua. Entre sus datos, se destacan valores *in situ* de temperatura y salinidad obtenidos a partir de CTDs (Conductividad, Temperatura, Profundidad). De esta base de datos se obtuvieron los 287 CTDs realizados en la región de la zona de estudio (Fig. 35).

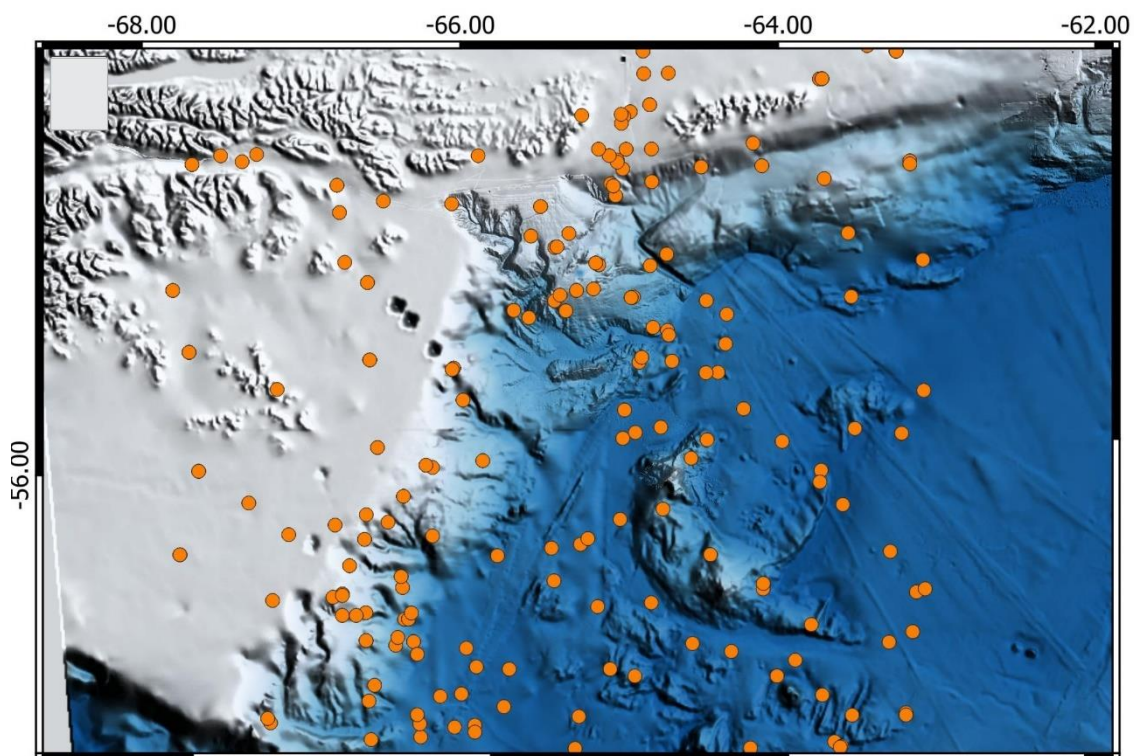


Fig. 35: Distribución regional de los CTDs obtenidos de la Base de datos Mundial del Océano (World Ocean Database, WOD).

3.2.2 Datos previos (Sísmica profunda)

En 1999, el grupo de trabajo del IGeBA (actualmente denominado GeofLaMa) realizó una campaña geofísica (denominada TESAC) con el buque oceanográfico argentino ‘Puerto Deseado’ en el *offshore* de Tierra del Fuego. Se relevaron sísmicas de reflexión 2D multicanal, con dos cañones de aire de 7 L, un *streamer* de 1200 m de 96 canales, un intervalo de disparo de 37,5 m, *sampling rate* de 2 ms, y un *recording length* de 10 s. (Lodolo et al. 2006). El total de líneas utilizadas en esta tesis son 4: TM8, TM9, TM10, TM11, las cuales contabilizan un total de 214 km (Fig. 36).

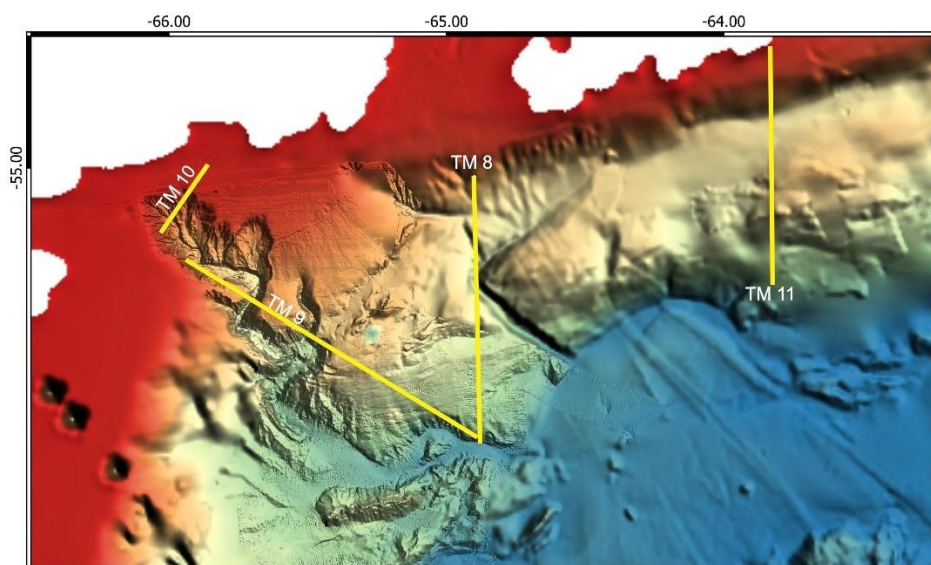


Fig. 36: Mapa batimétrico con la ubicación de las líneas sísmicas profundas.

3.2.3 Datos adquiridos

La base de datos propia consta de datos geofísicos y muestras geológicas recopilados en tres campañas del Buque Oceanográfico Austral (BOA) perteneciente al CONICET y tripulado por la Armada Argentina. En el año 2017 se realizaron las dos primeras mientras que la tercera se realizó en 2022. Nuevos datos de batimetría multihaz, perfiles sísmicos de alta resolución (SBP: *Sub bottom profiler*), ADCP, y muestras geológicas fueron adquiridos. A partir de estas campañas se logró mapear por primera vez en alta resolución el Cañón Submarino Sloggett, cuya geomorfología es analizada en el capítulo 4.

3.2.3.1 Batimetría multihaz y Retrodispersión

Los datos de batimetría y retrodispersión fueron adquiridos en el 2017 durante las primeras dos campañas oceanográficas realizadas por el BOA. La primera fue realizada por el Servicio de Hidrografía Naval Argentina en donde se pudo relevar la cabecera del Cañón Submarino Sloggett (parte septentrional). Además, durante esta campaña se adquirieron datos del flanco sur occidental del Banco Burdwood en donde se mapeó un cañón submarino con una resolución de 100 m (Fig. 37). Esta batimetría también fue utilizada para describir su geomorfología y rasgos morfométricos a modo de caracterizar con la mejor base de datos disponibles el Sistema de Cañones Tierra del Fuego. En la segunda campaña (YTEC-GTGM0) se terminó de mapear el CSS de cabeza a pie, y se relevaron algunas partes específicas de la zona de cabecera e interfluvio. Esto significó un gran avance para el mapeo del Margen Continental Argentino ya que el CSS fue el primero en ser completamente relevado en alta resolución (Fig. 37).

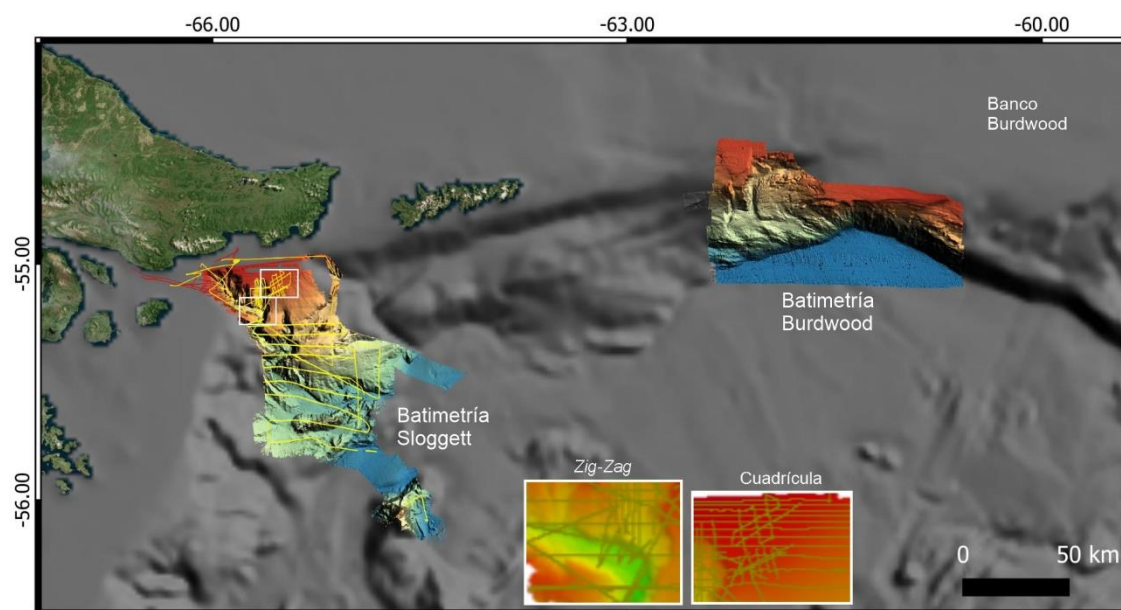


Fig. 37: Mapa batimétrico de un sector del Margen Continental Tierra del Fuego con las batimetrías de alta resolución del Cañón Submarino Sloggett y Cañón Submarino Burdwood. En la batimetría Sloggett las líneas representan la navegación realizada. Notar la mayor densidad de líneas en la zona de cabecera. Los recuadros en zig-zag y cuadrícula indican distintos tipos de relevamientos en zonas de interés.

El relevamiento se realizó con el BOA el cual cuenta con una ecosonda modelo Simrad EM122 de 2°x 2°, fabricada y desarrollada por la empresa noruega Kongsberg. Esta ecosonda es considerada de aguas profundas, la cual trabaja a una frecuencia de 12 kHz, abarcando un amplio rango de profundidades de 20 a 11000 m (Kongsberg, <https://geo-matching.com/uploads/default/m/i/migrationvawcpz.pdf>), teniendo una resolución aceptable a partir de los ~90 m. Posee una apertura máxima de emisión de 150° con un ancho de haz de

2° tanto para la emisión y recepción, generando por franja 288 haces los cuales producen 432 sondeos (Fig. 38).

Versions of EM 122						
System version	0.5 x 1	1 x 1	1 x 2	2 x 2	2 x 4	4 x 4
Transmit array [deg]	150 x 0.5	150 x 1	150 x 1	150 x 2	150 x 2	150 x 4
Receive array [deg]	1 x 30	1 x 30	2 x 30	2 x 30	4 x 30	4 x 30
No of beams/swath	288	288	288	288	144	144
Max no of soundings/swath	432	432	432	432	216	216
Max no of swaths per ping	2	2	2	1	1	1
Max no of soundings/ping	864	864	864	432	216	216

Fig. 38: Modelos de ecosondas EM122 en donde se detalla la cantidad de sondeos (sounding), pulsos (pings), franjas (swath), y haces (beams). En el recuadro rojo se indica el tipo de ecosonda que posee el BOA (Kongsberg, https://noc.ac.uk/files/documents/facilities/james_cook/EM122_Datasheet.pdf).

La adquisición consistió en realizar líneas de navegación paralelas entre sí, con un grado de solapamiento mayor en los sectores más someros (solapamiento de 50%), mientras que en los sectores más profundos el solapamiento fue entre 25-30%. Dada que la huella acústica aumenta con la profundidad, se pueden mapear mayores extensiones en los niveles inferiores del talud y emersión continental, pero a una menor resolución. En los sectores de interés se realizaron navegaciones a modo de grilla/cuadrícula para poder mapear desde distintos ángulos la geomorfología. Para el área del valle principal y vaguada (*thalweg*) se realizó una navegación en zig-zag (Fig. 37). El total de área relevada de la batimetría Sloggett es de 6045 km².

Para realizar las correcciones por velocidad del sonido se hicieron maniobras de perfilajes de sonido con el equipo AML Mino-x SV 6000 dBar cada 24 hs. (Fig. 20). Para las correcciones por movimiento, el BOA cuenta con el modelo MRU 5+ y el sistema de procesamiento Seapath330, ambos de la empresa Kongsberg (Fig. 21). Para la determinación de la posición geográfica se utilizó el sistema de posicionamiento DGNSS (*Differential Global Satellite Navigation System*) a partir del equipo Fugro Seastar 9200.

El *software* utilizado para la adquisición de los datos batimétricos fue el SIS (*Seafloor Information System*) (Fig. 39). Este programa ofrece una visualización en directo de la batimetría que se va adquiriendo, por lo cual el usuario ya puede hacer una primera evaluación en la calidad de los sondeos. Ofrece parámetros a seleccionar como la cadencia de emisión (tiempo entre dos pulsos/pings), duración del impulso, y configuración en la repartición de los haces en modo equiangular o equidistante. En caso de que haya errores producto de una mala ley de velocidad del sonido, se debe realizar un perfilaje en esa zona para luego cargar los datos al programa.

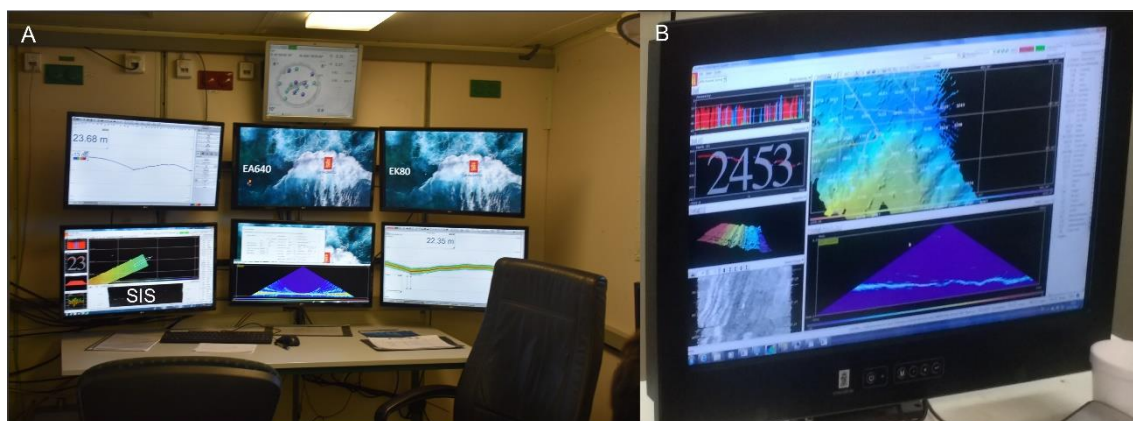


Fig. 39: A) Gabinete de hidroacústica del Buque Austral en el cual se adquirieron los datos acústicos utilizados en esta tesis doctoral. B) Visualización del software SIS en donde se observa en tiempo real la adquisición de la batimetría.

3.2.3.2 Perfiles sísmicos de subfondo de alta resolución (SBP)

Los SBP utilizados en la presente tesis fueron adquiridos únicamente en la campaña YTEC-GTGM0. Los mismos fueron relevados en simultáneo con la batimetría multihaz, por lo que en muchos tramos las transectas de ambos equipos son idénticas (Fig. 40). En los casos en donde no coinciden fue debido a un error de uno de los equipos lo que conllevó al reinicio de la unidad o a un mal tiempo que perjudicó a la toma correcta de datos.

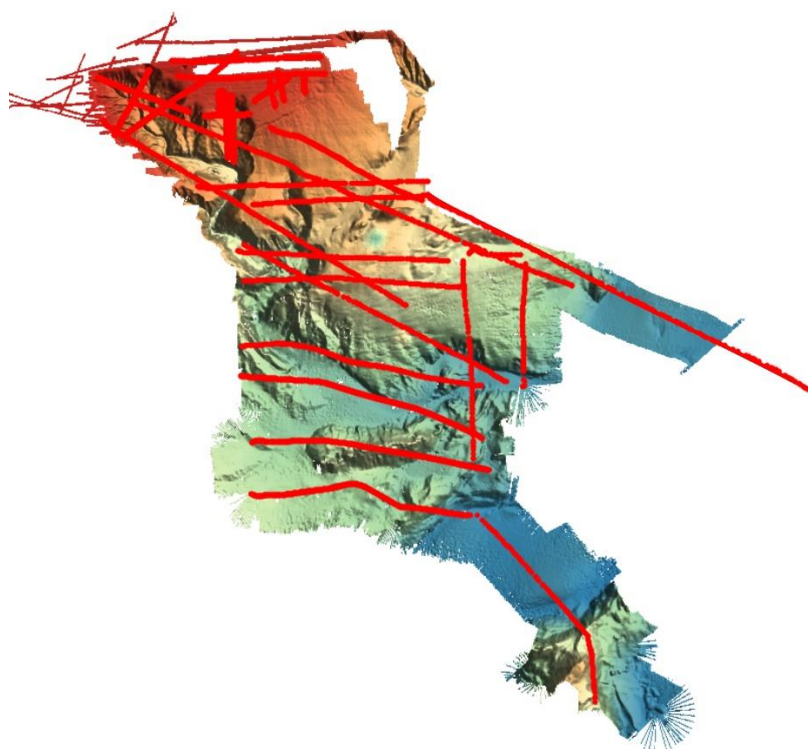


Fig. 40: Ubicación de las líneas de SBP. Notar como coinciden los trayectos con los de la batimetría de la Fig. 37.

El BOA cuenta con el equipo Atlas Parasound P70 de la empresa Teledyne/Atlas Hydrographic para la adquisición de perfiles sísmicos de alta resolución. Se utilizó una potencia de 70 kW por pulso que estaba compuesta por dos frecuencias primarias similares (PHF, *Primary High Frequency*) de 18 y 21 kHz, las cuales generaron ondas secundarias de 3 y 39 kHz. El equipo posee 4 modos de operación entre los cuales se encuentran el *Single mode* (utilizado siempre al inicio de la adquisición para que el equipo encuentre la profundidad), el *Equidistant mode*

(especial para aguas profundas), el *Pulse train Mode* (para cambios de profundidad muy abruptos, ejemplo: en un cañón), y el Quasi equidistant mode (ideal para aguas profundas). Los *softwares* utilizados para la adquisición fueron tres: el Hydromap Database Server, el Hydromap Control Software, y el Parastore 3. El Hydromap Control es el software responsable de todas las configuraciones del sistema, mientras que el Parastore es el utilizado para la visualización en tiempo real, procesamiento online, y almacenamiento de datos en los formatos ASD (crudo), PS3 y SEG-Y (Fig. 41).

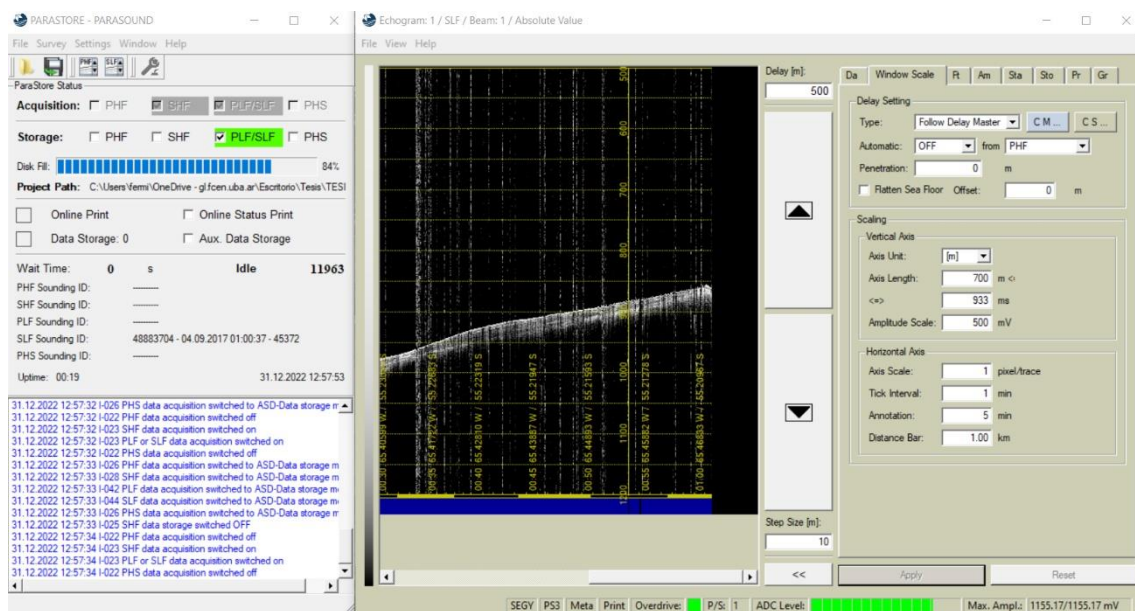


Fig. 41: Interfaz del software Parastore 3 utilizado para la visualización en tiempo real de la sísmica de alta resolución.

3.2.3.3 Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP)

Los datos del Perfilador de Corriente Acústico Doppler (ADCP) fueron relevados con un equipo Ocean Surveyor de 38 kHz de la firma Teledyne RD Instruments, constituido por 4 transductores capaces de medir las tres dimensiones de las velocidades de corrientes a profundidades de hasta 1920 m repartidas en 80 celdas de 24 m, con una precisión de ~ 10 cm/s, y una frecuencia máxima de emisión de haz de 0,4 Hz. El equipo se encuentra instalado en el casco del buque (Fig. 15), con una desalineación del conjunto de los 4 transductores de $0,13^\circ$, los cuales emiten haces con un ángulo de 30° . Este ADCP no es capaz de medir las corrientes superficiales ya que posee una zona 'ciega' (o *blanking*) en donde no hay toma de datos en los primeros 16 m, lo que sumado al calado del barco (6,8 m) da un total de 22,8 m sin registro. Los datos de navegación son tomados del GPS del buque mientras que los de actitud: *heading*, *pitch*, *roll*, *heave*, son tomados del registro del MRU.

El equipo utiliza dos *softwares*: el de adquisición, VmDas, y el de post-procesamiento, WinADCP. El primero sirve para visualizar el dato en tiempo real y saber si se producen interferencias con otros equipos, por lo cual se puede evaluar su calidad en simultáneo con la adquisición. A la vez, se debe considerar la velocidad del buque ya que la misma podría generar artefactos en el dato producto del ruido generado por los motores/hélices. En el software WinADCP se pueden visualizar los 4 haces (*beams*) generados por cada transductor por separado o combinado entre ellos. Además, cuenta con dos perfiles para evaluar la calidad del dato: el de intensidad del eco, y el de correlación. A partir del análisis de estos perfiles se puede estimar si el dato a utilizar es confiable o si se descarta (Fig. 42).

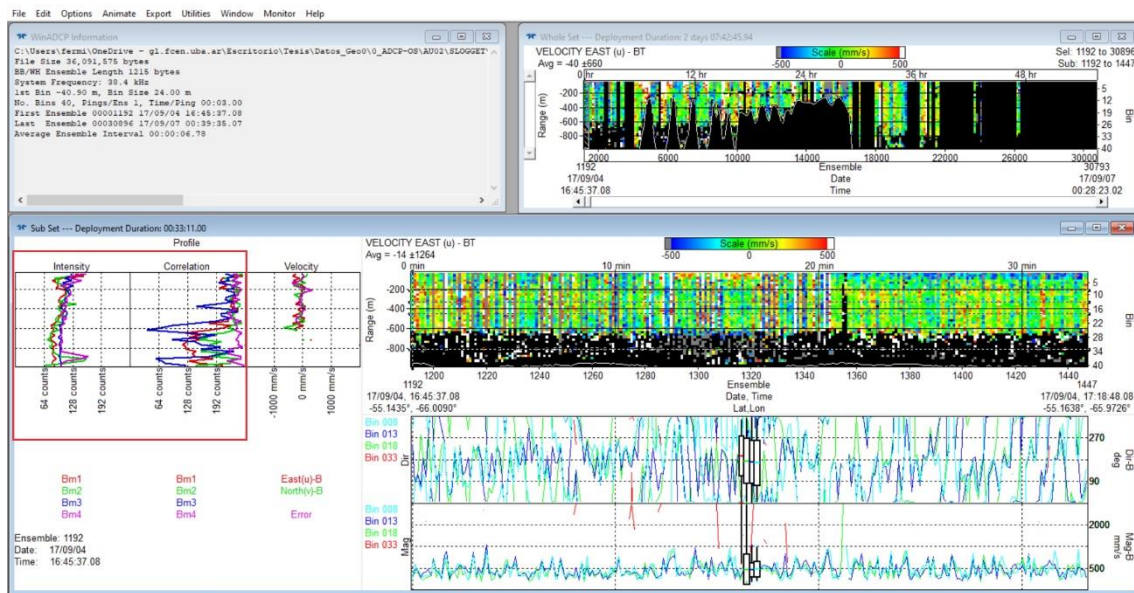


Fig. 42: Interfaz del software WinADCP. Se puede observar el set de datos en la ventana de arriba a la derecha, junto a una ventana inferior que muestra con mayor zoom un sector seleccionado del set total. Hacia la izquierda se observan perfiles (recuadro rojo) con los distintos haces (beams) que indican si el dato puede ser considerado aceptable o no.

Los datos adquiridos de ADCP corresponden a los tomados en la campaña YTEC-GTGM0, entre los días 4-7 y 11-12 del mes de septiembre del 2017, contabilizando un total de 83:50 horas de registro. Del mismo modo que en el SBP, los datos fueron adquiridos en simultáneo por lo que los tránsitos entre los equipos coinciden. Los datos registrados por el ADCP abarcan la columna de agua desde 47 hasta 960 m de profundidad. Al momento de la adquisición el equipo se encontraba configurado en 40 estratos (*bins*) con espesores de 24 m, motivo por el cual del potencial alcance de 1920 m solo se pudo registrar hasta los 960 m.

A fin de determinar objetivos específicos de direcciones y velocidades de corrientes provenientes del Canal Beagle, Bahía Sloggett y direcciones determinadas de algunas geoformas (ver capítulo 6 de corrientes oceánicas) se utilizaron solamente algunas líneas del registro (Fig. 43).

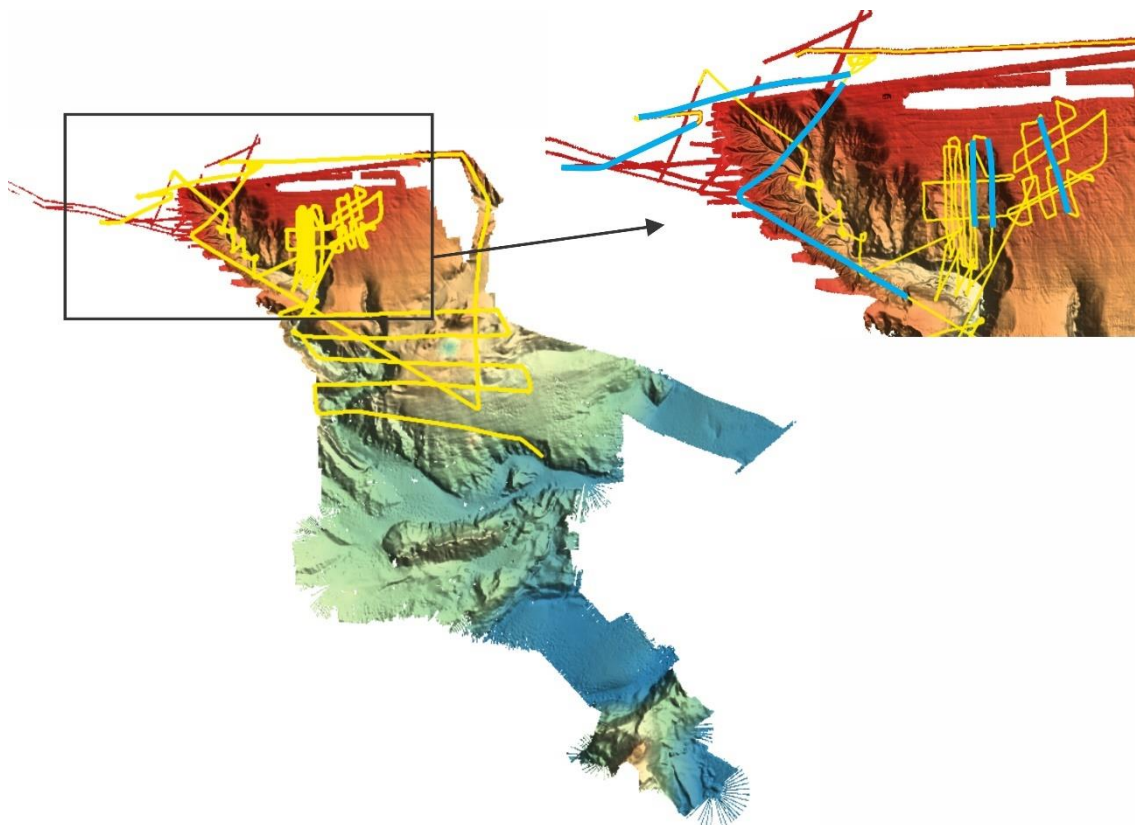


Fig. 43: Líneas de ADCP adquiridas durante la campaña YTEC-GTGM0. El recuadro negro indica la zona del área de zoom. Las líneas celestes fueron las utilizadas en esta tesis doctoral.

3.2.3.4 Muestras geológicas

Las muestras geológicas obtenidas y analizadas en esta tesis doctoral fueron adquiridas en 2017 durante la campaña YTEC-GTGM0 y en 2022 durante la campaña Área Marina Protegida Yaganes “Tres Dominios”. En total se recolectaron 7 testigos de gravedad, 6 *box cores*, y 3 dragas (Tabla 1). Las posiciones se hallan distribuidas en el Cañón Sloggett, con una mayor densidad de muestras en la zona de su cabecera (Fig. 44). Los *box cores* poseen una mayor dispersión, siendo el tipo de muestra recolectada en los lugares más profundos, mientras que las dragas fueron realizadas exclusivamente en el sector de plataforma.

Tabla 1: Ubicación de las muestras estudiadas. GC: Gravity Core, DAi: Draga inicio del arrastre, DAf: Draga final del arrastre, BC: Box core. Las que poseen la abreviación GEO0, fueron adquiridas en la campaña YTEC-GTGM0, mientras las que no lo poseen fueron adquiridas en la campaña Yaganes.

	Muestra	Longitud	Latitud	Largo Testigo	Profundidad del mar (m)
1	AU_GEO0_GC8	-65.7316	-55.1530	445 cm	-841
2	AU_GEO0_GC9	-65.7480	-55.1608	500 cm	-866
3	AU_GEO0_GC10	-65.6994	-55.1725	548 cm	-951
4	AU_GEO0_DA12i	-66.38416	-55.12216	Mucho material	-56
	AU_GEO0_DA12f	-66.38150	-55.12216		
5	AU_GEO0_DA13i	-66.26450	-55.07983	Mucho material	-51
	AU_GEO0_DA13f	-66.26100	-55.07933		
6	AU_GEO0_DA14i	-65.90516	-55.03610	Poco material	-111
	AU_GEO0_DA14f	-65.90066	-55.03583		

7	GC12bis	-65.91416	-55.132942	316 cm	-845
8	GC16bis	-65.838075	-55.176520	315 cm	-1008
9	GC20bis	-65.735905	-55.212670	320 cm	-1215
10	GC51	-65.566482	-55.089635	60 cm	-291
11	BC7	-65.448100	-55.1037	18 cm	-458
12	BC9	-66.093500	-55.0925	5 cm	-567
13	BC22	-64.6771	-55.2905	45 cm	-1857
14	BC28	-65.3822	-55.4488	16 cm	-1592
15	BC29	-65.6903	-55.4437	60 cm	-1895
16	BC34	-65.5501	-55.7459	gravas	-3012

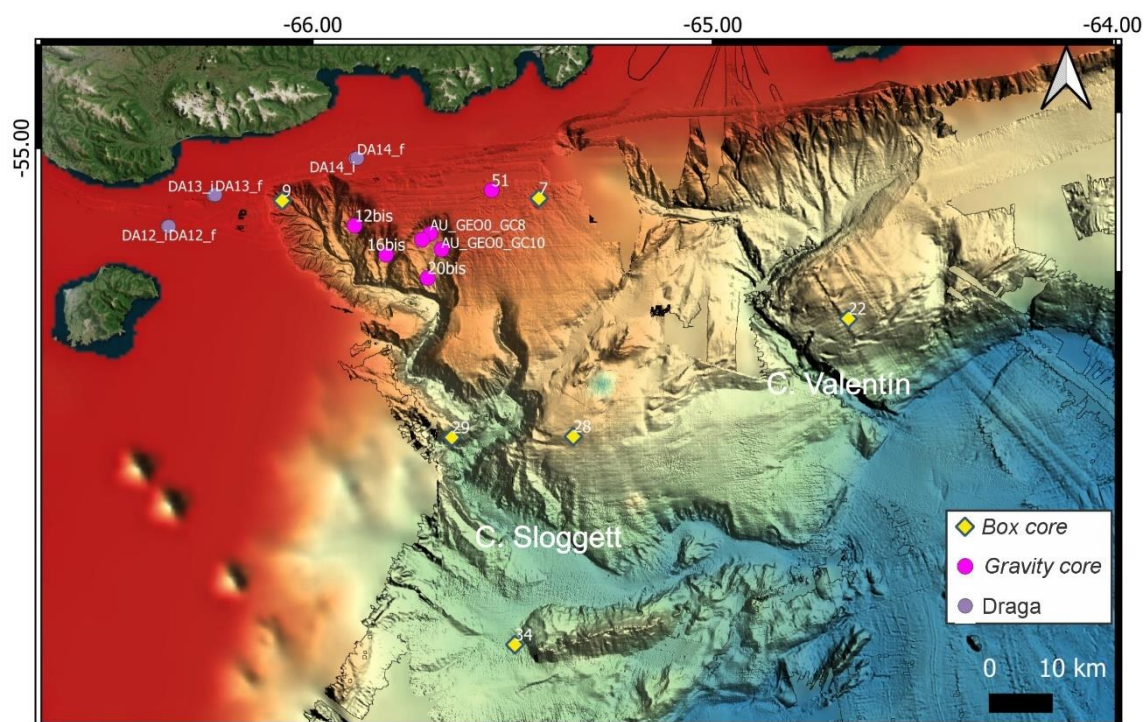


Fig. 44: Distribución de las muestras sedimentarias en el área de estudio adquiridas con los diferentes muestreadores. El mapa batimétrico fue confeccionado a partir de la grilla GEBCO (v.2022), imagen satelital de la plataforma Bing, GMRT, y datos propios. Exageración vertical: 5.

3.3 Trabajo de Gabinete

El trabajo de gabinete consistió en el procesamiento de los datos acústicos a fin de filtrar artefactos y optimizar la visualización final, junto al submuestreo de los testigos sedimentarios para determinados análisis. Para esto se utilizaron una serie de *softwares*, metodologías, y procesos que se detallan a continuación:

3.3.1 Procesamiento de batimetría

El procesamiento de la batimetría consistió en dos etapas. En la primera se procesó la batimetría multihaz relevada (ver 3.2.3.1). En la segunda etapa se integró dicha batimetría con los datos públicos (GEBCO y GMRT).

3.3.1.1 Batimetría multihaz relevada

Durante las campañas oceanográficas los datos batimétricos relevados durante la navegación pueden ser observados al mismo tiempo que su adquisición mediante el programa SIS. Esto permite realizar una primera visualización del relieve del área y modificar algún parámetro de adquisición en caso de ser necesario. Algunos de los datos pueden generar un relieve atípico dado por la presencia de ruido/artefacto por lo cual deben ser removidos de forma manual durante el procesamiento. Para esto se utilizó el programa de procesamiento *Caris Hips&Sips* (v. 10.4 y 11) de la empresa Teledyne.

El primer paso que se realiza luego de la adquisición es la carga de todos los archivos de formato *.all*, junto a un archivo de configuración propio de cada embarcación en donde se indican las ubicaciones y ángulos de cada sensor (Fig. 45 A). Una vez cargados todos los datos de interés, estos son convertidos al formato del programa mediante el convertor ‘*Conversion Wizard*’ (Fig. 45 B). Luego, se los corrige por la velocidad de sonido (si es que no se lo cargó al momento de la adquisición) para después aplicar el algoritmo de mezcla (*merge*) el cual se encarga de calcular la profundidad final de sondaje y la posición geográfica a fin de producir sondeos georreferenciados (Fig. 45 C). Seguidamente, fueron procesados con el algoritmo ‘TPU’ (Incertidumbre Total Propagada/ *Total Propagation Uncertainty*) (Fig. 45 C). Este algoritmo utiliza la información de incertidumbre guardadas en el archivo de embarcación a modo de corregir los valores de desplazamiento (*offsets*), y desviación estándar, para calcular la incertidumbre en la vertical y en la horizontal de cada sondaje.



Fig. 45: Flujo de trabajo para el procesamiento de la batimetría multihaz. Modificado del manual de entrenamiento Teledyne Caris (v. 10.4).

Una vez realizadas las correcciones de los datos, el siguiente paso fue la creación de una superficie regular, es decir, de espaciado horizontal constante (Fig. 45 D). Para esto se utilizó el algoritmo CUBE (*Combined Uncertainty and Bathymetry Estimator*) el cual se basa en la estimación de la profundidad correcta a partir de la consideración de la densidad de sondeos, la incertidumbre, la media, y el ángulo de la banda de haces (*Swath Angle*). El espaciado horizontal de la grilla final obtenida fue de 28 m por píxel, y es la que se halla en figuras anteriores como Fig. 37 y Fig. 47. A modo de mejorar la visualización y corregir puntos anómalos/artefactos, se realizó una limpieza de los datos (Fig. 45 E). Este procedimiento se basó en la remoción manual de haces con un tiempo o ángulo de arribo erróneo utilizando la opción de *Swath Editor* (Fig. 46). Finalmente, la grilla fue exportada en los formatos .txt y *geotiff* (Fig. 45 F).

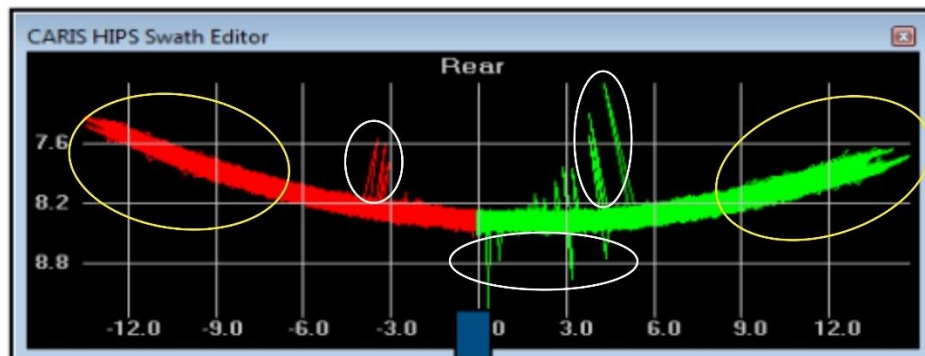


Fig. 46: Interfaz del Swath Editor en donde se muestran los haces con dos errores: los círculos amarillos señalan un mal tiempo de arribo producto de una mala ley de velocidad de la zona, mientras que los círculos blancos indican haces con un mal arribo los cuales deben ser eliminados de forma manual. Imagen modificada del manual de entrenamiento Teledyne Caris (v. 10.4).

Como se dijo anteriormente, el espaciamiento horizontal de la grilla final es de 28 m. Este valor corresponde a la resolución de las zonas más someras (hasta 200 m) para la ecosonda utilizada (Fig. 22). Esto significa que en las zonas más profundas la resolución de los datos es en realidad menor.

3.3.1.2 Integración de las grillas batimétricas

La batimetría relevada tiene una cobertura areal restringida. Por lo tanto, fue necesario integrarlas con otras grillas batimétricas de mayor cobertura areal pero de menor resolución para obtener una grilla que cubra toda la zona de estudio. El primer paso fue utilizar el algoritmo de interpolación TIN (Red Irregular Triangulada) para rellenar los espacios (huecos) que presentaba la grilla batimétrica propia. Seguidamente, se usó el algoritmo de mezcla (*merge*) para unificar en un mismo ráster las grillas batimétricas propia y públicas (Fig. 47). Se integraron las grillas GMRT con un espaciado horizontal intermedio (100 m) y la grilla GEBCO (v. 2022) de mayor espaciado (15 segundos de arco, ca. 456 m).

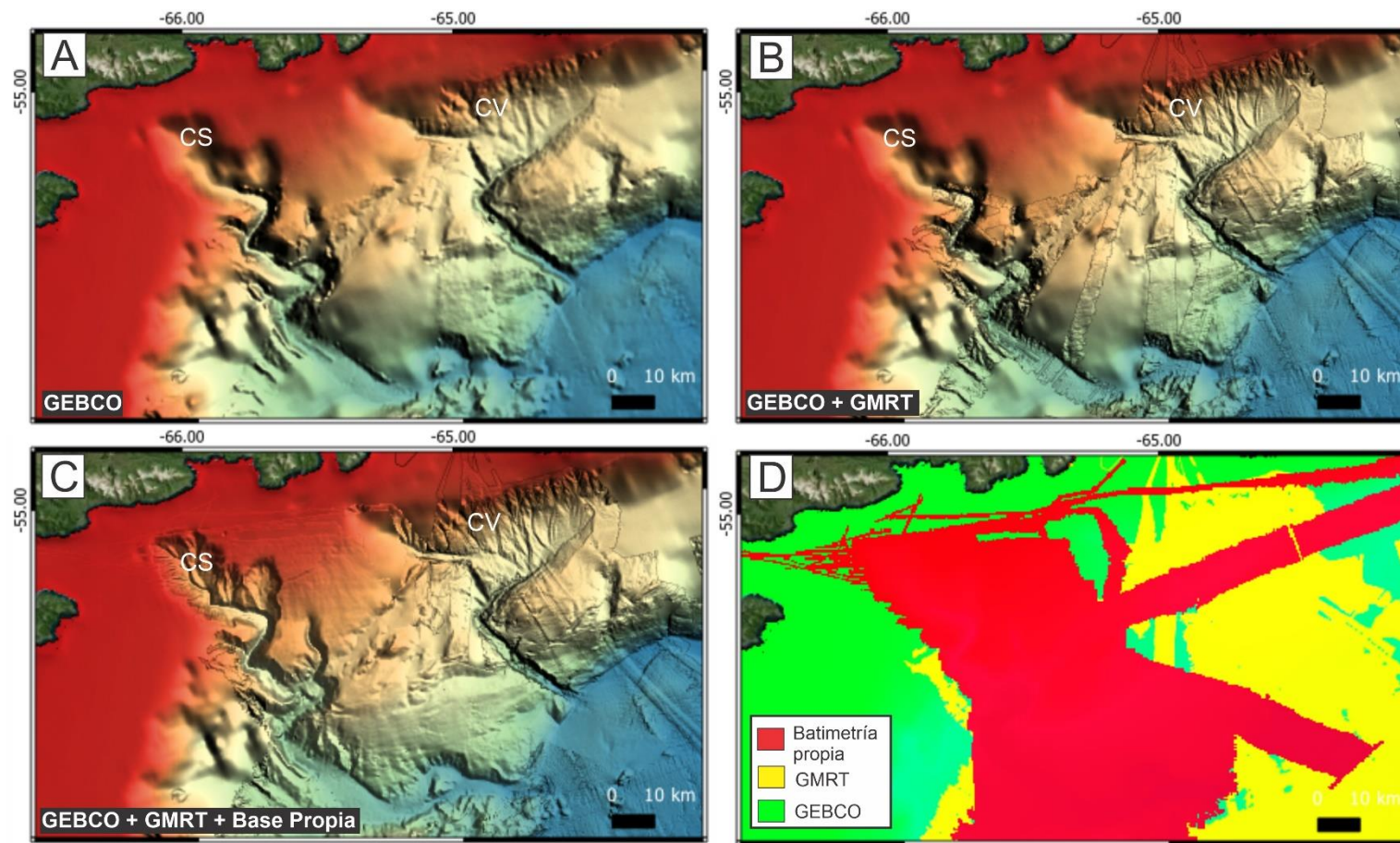


Fig. 47: Comparación de la batimetría disponible vs la batimetría de datos propios. A) Batimetría GEBCO sin los datos de batimetría de alta resolución. B) Batimetría GEBCO Y GMRT. Notar como mejora la visualización del Cañón Valentín (CV). C) Batimetría GEBCO + GMRT + datos multihaz propios. Notar como mejora la visualización del Cañón Sloggett (CS). D) Ubicación de los datos de batimetría GEBCO, GMRT y datos propios en la zona de estudio local.

3.3.1.3 Mapas de pendientes

Con el objeto de realizar un análisis complementario de la batimetría, se confeccionó una grilla de pendientes a partir de la grilla batimétrica integrada. Dichos mapas, entre otras ventajas, permiten resaltar rasgos fisiográficos que pueden no observarse en mapas batimétricos (Esteban et al. 2017). Su elaboración se realizó con la biblioteca GDAL (*Geospatial Data Abstraction Library*) del software QGIS (v. 3.18). Es importante aclarar que las magnitudes de las pendientes dependen de la resolución de la grilla batimétrica. A mayor espaciado horizontal, las pendientes calculadas suelen ser menores (son más suaves).

3.3.2 Procesamiento de retrodispersión

El *Caris Hips & Sips* cuenta con tres algoritmos de procesamiento para realizar la grilla de retrodispersión: *Geocoder*, *SIPS Backscatter*, *Backscatter WMA*. El utilizado fue el *SIPS Backscatter* cuyo flujo de procesamiento es muy similar al del dato batimétrico. Al momento de la creación de la grilla hay que considerar la corrección TVG, corrección para ganancias Tx/Rx, corrección por área, normalización de las intensidades, corrección de patrón de haz, desmanchado (*despeckle*), y compensación de dependencia angular (Fig. 48). Finalmente, se obtuvo una grilla de retrodispersión de 28 x 28 m para el Cañón Sloggett y parte del interfluvio con el Cañón Valentín que fue la utilizada en el capítulo 4 para la descripción geomorfológica (Fig. 49). Cabe aclarar que este procedimiento solo se puede hacer si se cuentan con los archivos *.all*, por lo cual no fue realizado para los datos públicos.

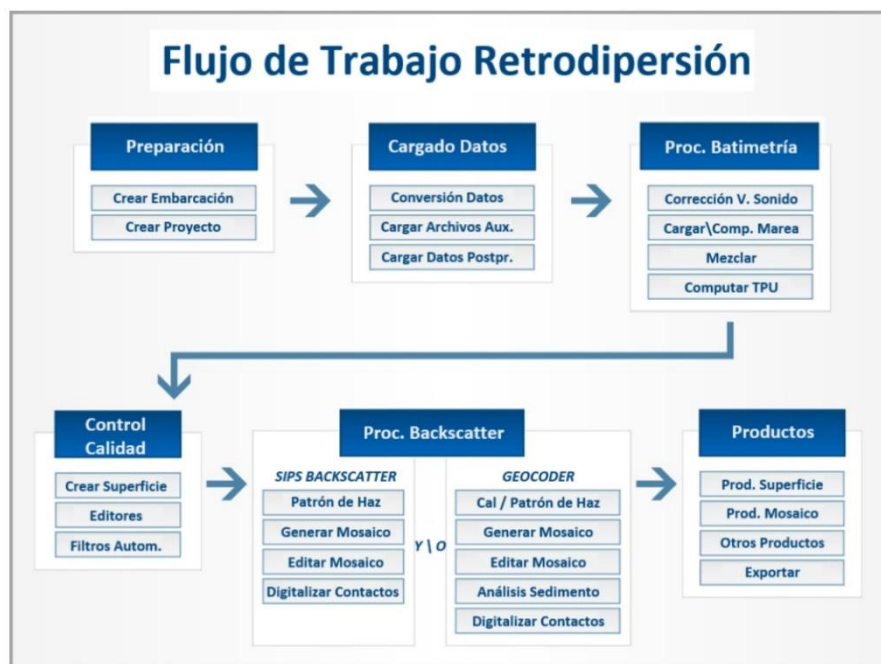


Fig. 48: Flujo de trabajo para la obtención de la grilla de retrodispersión. Tomado del manual de entrenamiento Teledyne Caris (v. 10.4).

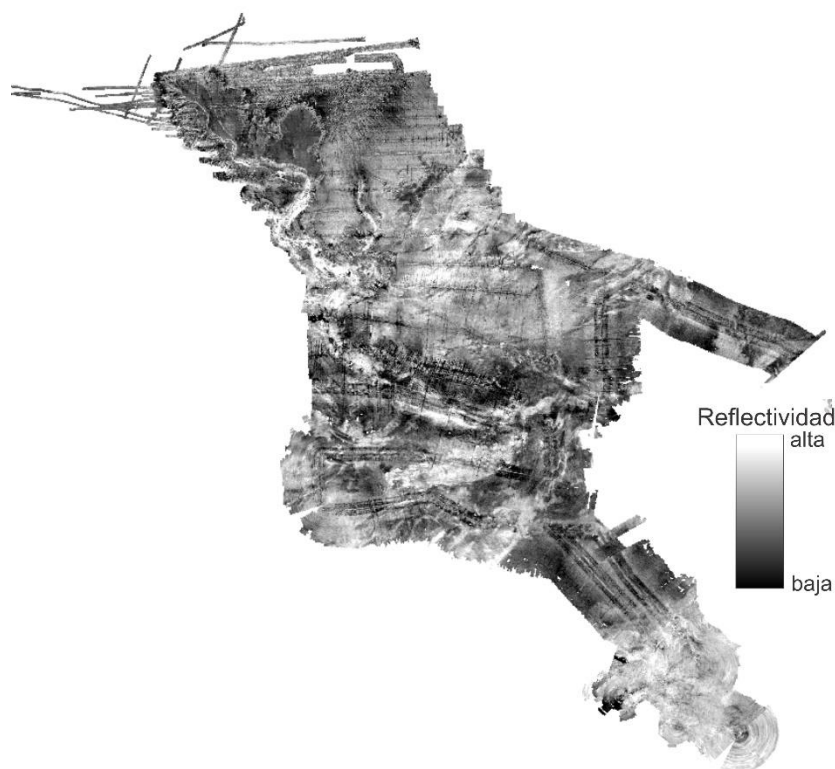


Fig. 49: Retrodispersión del área del Cañón Sloggett confeccionado a partir del algoritmo SIPS Backscatter.

Para la confección del estudio de distribución granulométrica se utilizó una grilla de menor pixelado, 75 x 75 m, a fin de evitar variaciones en los valores de dB generados por sobrepixelado y así generar agrupaciones más homogéneas. Seguidamente, se le realizó dos tipos de clasificaciones: la supervisada y la no supervisada. En la primera clasificación, se crearon cuatro grupos determinados a partir de un criterio propio, el cual se basó en la observación de la distribución de valores de retrodispersión para resaltar con mayor ímpetu los contrastes entre zonas. En la segunda clasificación, se utilizó el algoritmo de *k-means* de Rubin (1967) el cuál usa el método de *Hill-Climbing* para agrupamiento. El mismo se basa en buscar el valor más representativo de un grupo de píxeles, para luego volver a realizar un nuevo reagrupamiento si es que este presenta alguna mejora. Este segundo método presentó un mejor agrupamiento en los píxeles, por lo cual fue el utilizado en el análisis. A fin de obtener el valor de dB más exacto de cada sitio de ubicación de muestra geológica, se realizó un promedio de los valores más cercanos al mismo en un radio de 100 m (es decir, se consideró a los 8 píxeles circundantes).

3.3.3 Procesamiento de perfiles de subfondo de alta resolución (SBP)

Los archivos adquiridos en formato *.asd* fueron procesados con el *software* Parastore 3 en donde se segmentó al registro en líneas considerando cada cambio de rumbo. Para esto se debieron tener en cuenta los días y hora de adquisición de cada *shotpoint* a fin de hacer una división del registro según el criterio mencionado. Una vez realizada la generación de líneas, se las exportó en formato *seg-y* (Barry et al. 1975) hacia el programa de visualización y manejo de datos sísmicos *IHS Kingdom* (v. 2017). En este programa se hizo una selección de las líneas de interés y se las guardó en un directorio para su uso en *Python* en donde se confeccionó la figura con la transformación de la escala de profundidad de tiempo (milisegundo) a profundidad en metro (m) a partir de una ley de velocidad para el sedimento de 1550 m/s. Para su generación se utilizaron las bibliotecas *numpy*, *pandas*, *matplotlib*, *math*, y *segpy*. Por último, se usó el *software* gráfico *CorelDRAW* (v. 2020) para resaltar y señalar características de cada perfil sísmico.

3.3.4 Procesamiento de la sísmica profunda

La sísmica profunda de reflexión fue originalmente procesada por Geletti (2001) con el siguiente flujo de trabajo: (1) compensación de divergencia esférica y absorción, (2) edición de trazas y *despiking*, (3) *normal-move out* y *common-depth-point* utilizando velocidades de apilamiento derivadas de análisis de semblanza-velocidad, y apilamientos de velocidad constante (generalmente cada 5-6 km), (4) deconvolución después del apilamiento, (5) mezcla de tres trazas adyacentes y filtrado variable en el tiempo, y (6) migración temporal Kirchhoff. Luego, el trabajo post-procesamiento consistió, de igual modo que en los SBPs, en la carga para visualización y manejo de sísmicas en el programa *IHS Kingdom*. El mismo cuenta con un algoritmo de *pseudorelief* el cual sirve para mejorar la visualización y consecuentemente facilitar la interpretación de los horizontes sísmicos (Bulhoes y de Amorim 2005) (Fig. 50). Posteriormente, se utilizó el módulo *VuPAK* para la confección de los bloques 3D integrando la batimetría y la línea sísmica.

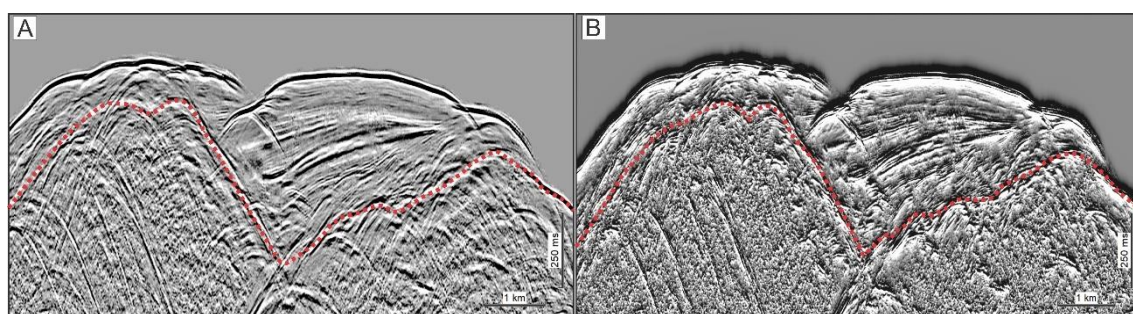


Fig. 50: A) Línea sísmica con el atributo de amplitud. B) Línea sísmica luego de aplicar el algoritmo de *pseudorelief*. Línea roja: Limite entre columna estratigráfica y basamento. Notar como mejora la visualización de los horizontes que se hallan por encima de la línea roja, lo que permite su mejor interpretación. A la vez, se disminuye el efecto de hipérbola generado en el basamento acústico.

3.3.5 Procesamiento de datos de ADCP

El programa utilizado para el procesamiento fue el *WinADCP*, en donde se realizó el análisis de la velocidad de la columna de agua a partir del archivo *Long Term Average* (LTA). Este producto consiste en un promedio temporal del registro de velocidad mediante la aplicación de una ventana temporal de 600 segundos, presentando una menor resolución, pero mayor robustez. A partir del análisis de los perfiles de intensidad y de correlación de cada haz, se constató que la calidad de los datos era aceptable y que no había presencia de interferencias causadas por otros equipos acústicos. Sin embargo, en algunas líneas se tuvieron que descartar los datos más profundos ya que no eran confiables. De cada línea de interés seleccionada (Fig. 43) se determinaron las velocidades y direcciones a lo largo de la columna de agua.

3.3.6 Procesamiento de los datos públicos de corrientes oceánicas

3.3.6.1 Velocidades y direcciones

En el procesamiento del producto GLORYS12V1 adquirido del servicio de monitoreo del ambiente marino del programa Copernicus, se utilizó un *script* desarrollado en *Python* con las bibliotecas *xarray* y *pygmt*. Para comenzar, se descargó el producto GLORYS12V1 en formato netCDF (*Network Common Data Form*/ formulario de datos comunes en red) el cual se caracteriza por ser un archivo de tipo multidimensional cuyas variables utilizadas de velocidades norte (*northward_sea_water_velocity*) y este (*eastward_sea_water_velocity*) se encuentran almacenadas según la profundidad y en tiempo (Fig. 51). Utilizando la biblioteca *xarray* se pudieron filtrar los valores más superficiales y profundos de la columna de agua del área de estudio, con lo cual posteriormente se calculó el vector de la dirección. A partir de este

procedimiento y utilizando la biblioteca de *pygmt* (v 0.7), se confeccionaron mapas en donde se promediaron las velocidades y direcciones para todo el periodo de toma de datos (1993-2020 = 28 años), y mes a mes.

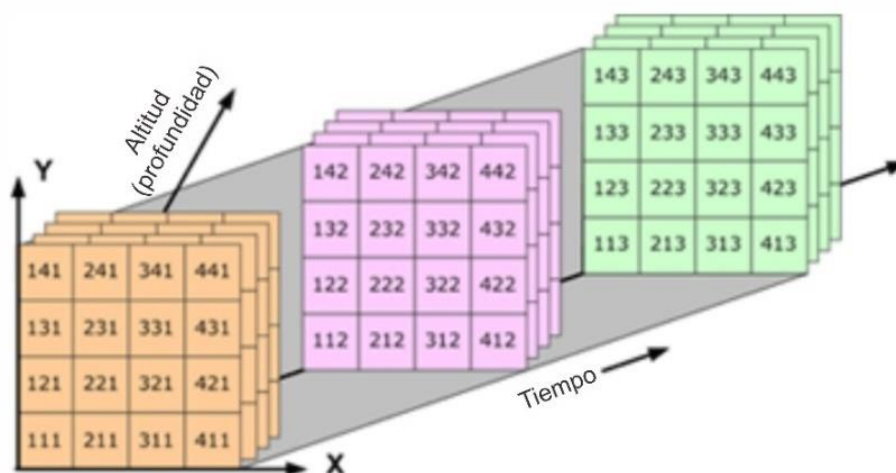


Fig. 51: Ejemplo de la estructura de datos de tipo netCDF. En este caso se utilizaron datos tetradimensionales que varían con la profundidad y el tiempo. X, Y: Longitud y Latitud. Modificado de <https://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/netcdf/fundamentals-of-netcdf-data-storage.htm>.

3.3.6.2 Masas de Agua

La información de los CTDs descargados del WOD fueron utilizados para la determinación de las masas de agua profunda. Para comenzar, se obtuvo el parámetro de derivada de densidad neutral con el programa 'Ocean Data View' (ODV) desarrollado por el instituto Alfred Wegener de Alemania, el cual calcula automáticamente este parámetro a partir de la información de temperatura, salinidad y profundidad de cada CTD. Seguidamente, los 4 parámetros de temperatura, oxígeno disuelto, salinidad, y densidad neutral fueron contrastados con los parámetros fisicoquímicos de cada masa de agua recolectados de la bibliografía de Naveira Garabato et al. (2002), Palma y Silva (2004), y Preu et al. (2013). Considerando que no todos los CTDs fueron realizados hasta lo más profundo de cada ubicación, y que los parámetros de alguno de ellos no coincidían con los parámetros de las masas de agua de la zona, hubo que descartar varios de ellos. El procedimiento de la limitación de las masas de agua puede verse en la sección de resultados del capítulo de Corrientes Oceánicas.

3.3.7 Procesamiento de muestras geológicas

Las muestras de sedimento marino y rocas obtenidas por alguno de los tres equipos de adquisición (draga, *gravity corer*, *box corer*) fueron utilizadas para la clasificación granulométrica superficial. Para esto, se obtuvo una submuestra del primer centímetro de los *box cores* y *gravity cores*, y un volumen de 2 cm³ para las dragas. Como las muestras de la campaña YTEC-GTGM0 fueron tomadas en el 2017, se contó con el tiempo necesario para el análisis completo de la granulometría en toda su longitud para los testigos AU_GEO0_GC9, y AU_GEO0_GC10, junto a una descripción de la bioestratigrafía. A la vez, se realizó en el AU_GEO0_GC10 una tomografía computada para determinar mejor las estructuras presentes, y un análisis de arcillas por difracción de rayos X (DRX) (Tabla 2).

Tabla 2: Análisis realizados a cada muestra sedimentaria.

	Muestra	Análisis
1	AU_GEO0_GC8	Granulometría superficial, Bioestratigrafía superficial, Susceptibilidad magnética
2	AU_GEO0_GC9	Granulometría superficial + completa, Bioestratigrafía superficial + completa, Susceptibilidad magnética
3	AU_GEO0_GC10	Granulometría superficial + completa, Bioestratigrafía superficial + completa, Tomografía, DRX Arcillas, Susceptibilidad magnética, mineralogía grano suelto
4	AU_GEO0_DA12	Granulometría superficial
5	AU_GEO0_DA13	Granulometría superficial
6	AU_GEO0_DA14	Granulometría superficial
7	GC12bis	Granulometría superficial
8	GC16bis	Granulometría superficial
9	GC20bis	Granulometría superficial
10	GC51	Granulometría superficial
11	BC7	Granulometría superficial
12	BC9	Granulometría superficial, mineralogía grano suelto
13	BC22	Granulometría superficial
14	BC28	Granulometría superficial
15	BC29	Granulometría superficial
16	BC34	Granulometría superficial

3.3.7.1 Granulometría y grano suelto

El muestreo de sedimentos para la determinación de la distribución de los tamaños de grano a lo largo del testigo (AU_GEO0_GC9 y AU_GEO0_GC10) consistió en una primera descripción litológica general realizada con lupa de mano, cuyo fin fue determinar la textura del sedimento, las estructuras presentes y su color. Para esto se utilizaron las clasificaciones de estructuras del IODP (*International Oceanographic Discovery Project*), junto a la tabla de colores Munsell edición 2000. Según la heterogeneidad/homogeneidad se tomaron submuestras de sedimento cada un espacio mínimo de 5 cm pudiendo llegar a 20 cm en los testigos más homogéneos utilizando una jeringa de 10 ml (Fig. 52). Para el caso de las submuestras superficiales la toma de sedimento fue mediante espátula/cuchara.



Fig. 52: Muestreo de sedimento con jeringa.

Las mediciones granulométricas fueron realizadas con el sedígrafo CILAS 1190 *Laser Particle Size Analyser* por la Dra. Bozzano y la Lic. Spoltore en las instalaciones del Servicio de Hidrografía Naval. Este equipamiento es capaz de medir partículas ubicadas en el rango de tamaños de 0.04 a 2500 μm (arcilla-sábulo). Previamente a la medición se eliminó la materia orgánica del sedimento con una solución al 20% de peróxido de oxígeno y se pasó cada muestra por un tamiz de 2000 μm a fin de evitar que la fracción más gruesa pueda obstruir y dañar al sedígrafo. Antes de la medición, el equipo CILAS somete la muestra a ultrasonidos por el lapso de 60 segundos para disgregar las partículas y evitar errores de cohesión de la arcilla y limo fino. Por otro lado, los fragmentos mayores a 2 μm fueron colocados en el equipo Ro-Tap (tamizador de laboratorio) el cual cuenta con una columna de tamices (4000, 2000, 1000, 500, 250, 125, 63, < 63 μm) colocados en forma de columna. A partir de vibraciones y movimientos rotatorios intensos las fracciones granulométricas van pasando a través de los tamices hasta quedar retenidos en el tamiz correspondiente. Posteriormente, se pesó el volumen de sedimento de cada tamiz, y se calcularon los porcentajes de muestra para cada tamaño de grano. En algunas muestras específicas, se realizó una descripción mineralógica del grano suelto de la fracción arena. La misma fue obtenida mediante el proceso de tamizado con el posterior secado, y colocado en la lupa binocular para su examinación.

3.3.7.2 Tomografía

La tomografía computada de rayos X (*Xray computed tomography*) fue realizada en el Centro de Imágenes Médicas de La Plata (CIMED) mediante el Tomógrafo computado multicorte Philips de 64 canales (Fig. 53). Esta técnica consiste en la toma de imágenes a través de cortes transversales las cuales luego son empleadas para la reconstrucción de una imagen en el plano frontal (o coronal). Los cortes transversales se realizaron cada 1,5 mm con un espesor de 0,75 mm, cuya resolución es la máxima para el equipo empleado. La tomografía realizada en el testigo AU_GEO0_GC10 se confeccionó con dos tipos de resoluciones distintas: desde los 0-245 cm en alta resolución (equivalente a resolución de oído medio: 1,5 mm) la cual se realizó a testigo abierto (media caña), y de 245-548 cm a menor resolución (equivalente a resolución de tórax: 3 mm) y testigo cerrado (tubo sin abrir).



Fig. 53: Tomógrafo utilizado para el estudio de los testigos sedimentarios.

3.3.7.3 Bioestratigrafía

La descripción bioestratigráfica consistió en la determinación de las especies de microforaminíferos presentes en las submuestras las cuales fueron tomadas de la misma forma que las submuestras para granulometría. Mediante la técnica de selección y extracción (*picking*) se separaron los microforaminíferos para posteriormente ser colocados bajo la lupa binocular con el fin de determinar su clasificación taxonómica. Estos procedimientos fueron realizados por la Dra. Lydia Calvo Marcilese para las muestras superficiales de los testigos AU_GEO0_GC8, AU_GEO_GC9, y AU_GEO0_GC10, y para el testigo completo AU_GEO0_GC9, mientras que para el testigo completo AU_GEO0_GC10 fueron realizados por las Dras. Cecilia Laprida y Natalia García Chapori.

3.3.7.4 Arcillas

La determinación de las arcillas fue realizada en el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS) de Buenos Aires por la Dra. Do Campo. El testigo estudiado fue el AU_GEO_GC10 en donde se utilizaron 7 submuestras de los mismos niveles que las utilizadas para la determinación granulométrica (3, 63, 123, 204, 343, 403, y 423 cm). El pretratamiento de las muestras consistió en la desagregación por ultrasonido con el posterior uso de HCl para la eliminación de carbonatos y agua oxigenada para la materia orgánica. Luego se realizó un lavado por centrifugación para eliminar sales, y el uso del dispersante Dispex-N40 para evitar aglomeraciones. Finalmente, mediante el método de decantación se separó a la fracción menor a 2 μm y se hizo un reconcentrado a no más de 60 °C con el fin de reducir el volumen de la arcilla en suspensión. De la muestra obtenida se realizaron tres preparados: uno normal, uno hidratado con Etilenglicol, y otra puesta en la mufla a 500 °C. Posteriormente cada muestra fue colocada en el difractómetro Bruker D2 Phaser, radiación: Cu, filtro: Ni, operado a 30kV, 10mA, y se realizó una interpretación y semicuantificación de las arcillas presentes a partir de los tres difractogramas confeccionados: muestra normal, muestra glicolada, muestra calcinada.

3.3.7.5 Susceptibilidad magnética

Se utilizó un aparato de mano para la medición de susceptibilidad magnética modelo SM 30 de la empresa *ZH instruments*, en modo 4 (*scanning mode*) cuyo orden de sensibilidad es de 10^{-6} SI. Este modo es el utilizado para numerosas mediciones en un testigo sedimentario ya sea sedimento duro o consolidado (roca). La metodología consistió en realizar una primera medición al aire a modo de calibración. El valor obtenido debe ser de .0000 (medición A). Luego, se realizó una segunda medición sobre el testigo a tubo cerrado cada 5 cm (Fig. 54). Como la capacidad de almacenamiento del equipo es de 20 mediciones, al llegar a la número 20 se debe realizar una tercera medición de nuevo en el aire a modo de corrección de los datos. Las mediciones fueron realizadas desde el techo hasta la base del testigo. Finalmente, los datos fueron cargados en un archivo excel en donde se confeccionaron los perfiles correspondientes.



Fig. 54: A) Marcas cada 5 cm sobre testigo cerrado de sedimento. B) Mediciones en los intervalos de 5 cm con el susceptibilímetro de mano.

3.3.8 Confección de mapas y figuras

Los mapas, perfiles batimétricos y gráficos de rosas presentados en la tesis fueron realizados en el programa de información geográfica de acceso libre QGIS (v.3.18.3). A modo de mejorar las visualizaciones del relieve, se aplicó a los mapas un efecto de sombreado multidireccional (*hillshade*), con una altitud del sol de 65°, y una exageración batimétrica vertical de 5 (Fig. 55). Además, en este programa se cargaron el ráster de retrodispersión, y datos *shapefile* de ubicación de las líneas de SBP y ADCP. Las paletas de colores seleccionadas fueron la *spectral* y la *blues* para la batimetría, y la *spectral* y *greys* para la pendiente. A partir del análisis de los datos, se mapearon las unidades geomorfológicas utilizando la herramienta de polígonos, y se analizaron los parámetros morfométricos de los cañones submarinos utilizando la proyección UTM-20. Los bloques 3D presentados para el Cañón Sloggett para mostrar la morfología fueron creados con la opción de vista 3D del *software* CARIS.

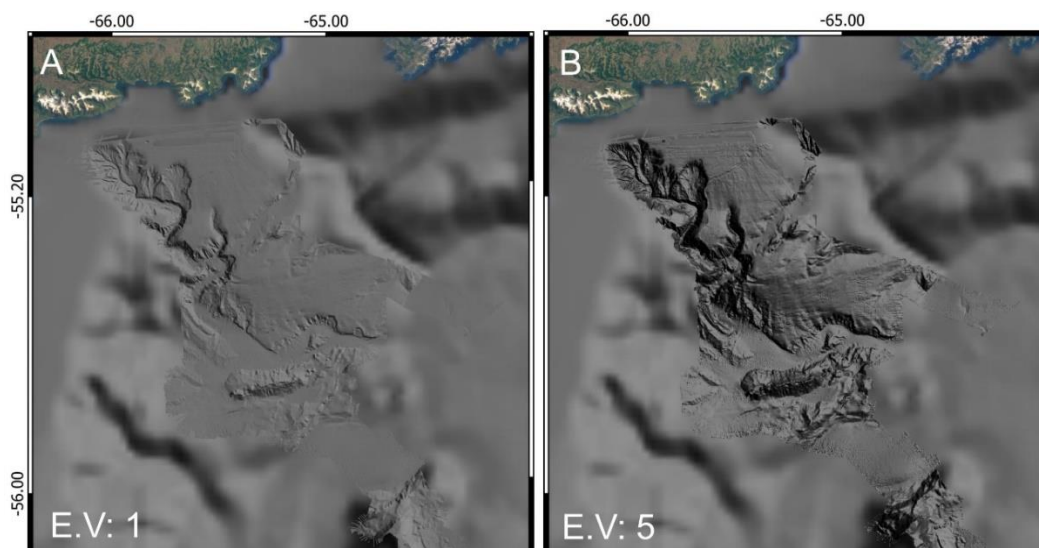


Fig. 55: Mapas del Cañón Sloggett con distinta exageración vertical (E.V). Notar como se remarcen con mayor notoriedad los rasgos con una exageración vertical de 5, la cual fue utilizada para la confección de todos los mapas batimétricos de esta tesis.

Los mapas y demás figuras fueron editadas en el CorelDRAW (v.2020) a fin de poner los nombres fisiográficos, señalar rasgos, y referencias.

CAPÍTULO 9: REFERENCIAS CITADAS

- Allen, S. E., y Durrieu De Madron, X. 2009. A review of the role of submarine canyons in deep-ocean exchange with the shelf. *Ocean Science*, 5: 607-620.
- Andrieux, O., Cooper, C. K., y Wood, J. 2013, mayo 6. Turbidity Current Measurements in the Congo Canyon.
- Antezana, T. 1999. Hydrographic features of Magellan and Fuegian inland passages and adjacent subantarctic waters. *Scientia Marina*, 63: 23-34.
- Babonneau, N., Savoye, B., Cremer, M., y Klein, B. 2002. Morphology and architecture of the present canyon and channel system of the Zaire deep-sea fan. *Marine and Petroleum Geology*, 19: 445-467.
- Baqués, M., Piola, A. R., y Madirolas, A. 2017. Procesamiento de datos de velocidad de corriente y amplitud de eco registradas con un correntómetro del tipo VMADCP en la plataforma y talud continental del Océano Atlántico Sudoccidental, entre 26° y 40° S. 2do Taller sobre «Avances en Acústica Submarina».
- Barker, P. F. 1995. Tectonic framework of the East Scotia Sea. *En* Backarc Basins: Tectonics and Magmatism, pp. 281-314. Ed. T. B.
- Barker, P. F. 2001. Scotia sea regional tectonic evolution: Implications for mantle flow and palaeocirculation. *Earth-Science Reviews*, 55: 1-39.
- Barry, K. M., Cavers, D. A., y Kneale, C. W. 1975. Recommended standards for digital tape formats. *Geophysics*, 40: 344-352.
- Baztan, J., Berné, S., Olivet, J. L., Rabineau, M., Aslanian, D., Gaudin, M., Réhault, J. P., y Canals, M. 2005. Axial incision: The key to understand submarine canyon evolution (in the western Gulf of Lion). *Marine and Petroleum Geology*, 22: 805-826.
- Biddle, K. T., Uliana, M. A., Mitchum Jr, R. M., Fitzgerald, M. G., y Wright, R. C. 1986. The stratigraphic and structural evolution of the central and eastern Magallanes Basin, southern South America. *En* Foreland basins, pp. 41-61. Ed. P. A. Allen.
- Bird, P. 2003. An updated digital model of plate boundaries. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4: 1-52.
- Bohoyo, F., Larter, R. D., Galindo-Zaldívar, J., Leat, P. T., Maldonado, A., Tate, A. J., Flexas, M. M., Gowland, E. J. M., Arndt, J. E., Dorschel, B., Kim, Y. D., Hong, J. K., López-Martínez, J., Maestro, A., Bermúdez, O., Nitsche, F. O., Livermore, R. A., y Riley, T. R. 2019. Morphological and geological features of Drake Passage, Antarctica, from a new digital bathymetric model. *Journal of Maps*, 15: 49-59.
- Boltovskoy, E., y Watanabe, S. 1981. Foraminíferos planctónicos vivos del sector antártico del oceano Atlántico. Museo Argentino de Ciencias Naturales «Bernardino Rivadavia», Instituto Nacional de Investigación de las Ciencias Naturales.
- Borrello, A. V. 1969. «Los Geosinclinales de la Argentina» Anales XIV. Dirección Nacional de Geología y Minería. Buenos Aires.
- Bozzano, G., Violante, R. A., Palma, F., Spoltore, D., y Tassone, A. 2021a. Los cañones submarinos del Margen Continental Argentino. *Ciencia Hoy*, 30: 32-38.

- Bozzano, G., Cerredo, M. E., Remesal, M., Steinmann, L., Hannebuth, T. J., Schwenk, T., Baqués, M., Hebbeln, D., Silvestri, O., Acevedo, R. D., Spiess, V., Violante, R. A., y Kasten, S. 2021b. Dropstones in the Mar del Plata Canyon Area (SW Atlantic): Evidence for Provenance , Transport , Distribution , and Oceanographic Implications Geochemistry, Geophysics, Geosystems. *Geo-Marine Letters*, 22: 1-21.
- Bozzano, G., Martín, J., Spoltore, D. V., y Violante, R. A. 2017. Los cañones submarinos del margen continental argentino: Una síntesis sobre su génesis y dinámica sedimentaria. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 24: 85-101.
- Bran, D. M., Palma, F. I., Menichetti, M., Lodolo, E., Bunicontro, S., Lozano, J., Baradello, L., Winocur, D., Grossi, M., y Tassone, A. 2023. Active faulting in the Beagle Channel (Tierra del Fuego). Aceptado. *Terranova*.
- Bran, D. M., Tassone, A. A., Menichetti, M., Cerredo, M. E., Lozano, J. G., Lodolo, E., y Vilas, J. F. 2018. Shallow architecture of Fuegian Andes lineaments based on Electrical Resistivity Tomography (ERT). Evidences of transverse extensional faulting in the central Beagle Channel area. *Andean Geology*, 45: 1-34.
- Bruhn, R. L. 1979. Rock structures formed during back-arc basin deformation in the Andes of Tierra del Fuego. *Bulletin of the Geological Society of America*, 90: 998-1012.
- Bruhn, R. L., Stern, C. R., y De Wit, M. J. 1978. Field and geochemical data bearing on the development of a mesozoic volcano-tectonic rift zone and back-arc basin in southernmost South America. *Earth and Planetary Science Letters*, 41: 32-46.
- Bulhoes, E., y de Amorim, W. N. 2005. Princípio da SismoCamada Elementar e sua aplicação à Técnica Volume de Amplitudes (tecVA) Princípio da SismoCamada Elementar e sua aplicação à Técnica Volume de Amplitudes (tecVA). En 9th International Congress of the Brazilian Geophysical Society held in Salvador, Brazil,.
- Caldenius, C. C. 1932. Las Glaciaciones Cuaternarias en la Patagonia y Tierra del Fuego. *Geografiska Annaler*, 14: 1-164.
- Calderón, M., Fildani, A., Hervé, F., Fanning, C. M., Weislogel, A., y Cordani, U. 2007. Late Jurassic bimodal magmatism in the northern sea-floor remnant of the Rocas Verdes basin, southern Patagonian Andes. *Journal of the Geological Society*, 164: 1011-1022.
- Calvo Marcilese, L., Pérez Panera, J. P., y Rivas, L. 2021. Informe bioestratigráfico interno YTEC-YPF S.A. Testigos extraídos en el área “Cañón de Sloggett y Malvinas”. 38 pp.
- Calvo Marcilese, L., Rivas, L., Pérez Panera, J. P., y De la Canal, A. 2019. Informe bioestratigráfico interno YTEC-YPF S.A. Estudios Geológicos, Geofísicos y Paleontológicos de la Plataforma Continental Argentina: Bioestratigrafía. 93 pp.
- Caminos, R., Haller, M. J., Lapido, O., Lizuain, A., Page, R., y Ramos, V. A. 1981. Reconocimiento Geológico de los Andes Fueguinos. Territorio Nacional de Tierra del Fuego. VIII Congreso Geológico Argentino Actas, III: 759-786.
- Caminos, R., y Nullo, F. E. 1979. Descripción geológica de la Hoja 67 e, Isla de Los Estados.
- Canals, M., Puig, P., De Madron, X. D., Heussner, S., Palanques, A., y Fabres, J. 2006. Flushing submarine canyons. *Nature*, 444: 354-357.
- Cartigny, M. J. B., Postma, G., van den Berg, J. H., y Mastbergen, D. R. 2011. A comparative study of sediment waves and cyclic steps based on geometries, internal structures and numerical modeling. *Marine Geology*, 280: 40-56. Elsevier B.V.

- Cerrodo, M. E., Tassone, A., Rapalini, A., Hervé, F., y Fannin, X. 2011. Campanian magmatism the Fuegian Andes: New SHRIMP age of Jeujepen pluton. Argentina. *En Congreso Geológico Argentino*.
- Clapperton, C. 1993. Quaternary Geology and Geomorphology of South America. Elsevier.
- Clarke, J. E. H. 2012. Optimal use of multibeam technology in the study of shelf morphodynamics. *En Sediments, Morphology and Sedimentary Processes on Continental Shelves: Advances in technologies, research and applications.*, p. 3. John Wiley & Sons.
- Connon, G. C., Bollini, C., Sabbione, N. C., y Hormaechea, J. L. 2021. Complemento 2017-2020 del Catálogo Sismológico de Referencia de Tierra del Fuego, 10: 75-86.
- COPLA. 2017. El margen continental argentino. Buenos Aires. 455 pp.
- Coronato, A., Salemme, M., y Rabassa, J. 1999. Palaeoenvironmental conditions during the early peopling of Southernmost South America (Late Glacial-Early Holocene, 14-8 ka B.P.). *Quaternary International*, 53-54: 77-92.
- Covault, J. A., Fildani, A., Romans, B. W., y McHargue, T. 2011. The natural range of submarine canyon-and-channel longitudinal profiles. *Geosphere*, 7: 313-332.
- Covault, J. A., Kostic, S., Paull, C. K., Ryan, H. F., y Fildani, A. 2014. Submarine channel initiation, filling and maintenance from sea-floor geomorphology and morphodynamic modelling of cyclic steps. *Sedimentology*, 61: 1031-1054.
- Cunningham, D. 1995. Orogenesis at the southern tip of the Americas : the structural evolution of the Cordillera Darwin metamorphic complex , southernmost Chile, 244: 197-229.
- Cunningham, W. D. 1993. Strike-slip faults in the southernmost Andes of the Patagonian orocline. *Tectonics*, 12: 169-186.
- Cunningham, W. D., Kepleis, K. A., Gose, W. A., y Dalziel, I. W. D. 1991. The Patagonian Orocline: New paleomagnetic data from the Andean Magmatic Arc in Tierra del Fuego, Chile. *Journal of Geophysical Research*, 96: 16061-16067.
- Daly, R. A. 1936. Origin of submarine canyons. *American Journal of Science*: 401-420. *American Journal of Science*.
- Dalziel, I. A. N. W. D., y Palmer, K. F. 1979. Progressive deformation and orogenic uplift at the southern extremity of the Andes. *GSA Bulletin*, 90: 259-280.
- Dalziel, I. W. D. 1981. Back-arc extension in the southern Andes: a review and critical reappraisal. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. A*, 300: 319-335. The Royal Society.
- Dalziel, I. W. D., y Cortes, R. 1973. Tectonic style of the Southernmost Andes and the Antartandes: 316-317.
- Dalziel, I. W. D. D., de Wit, M. J., y Palmer, K. F. 1974. Fossil marginal basin in the southern Andes. *Nature*, 250: 291-294.
- Dalziel, I. W. D., Dott Jr, R. H., Winn Jr, R. D., y Bruhn, R. L. 1975. Tectonic relations of South Georgia Island to the southernmost Andes. *Geological Society of America Bulletin*, 86: 1034-1040. Geological Society of America.
- Dalziel, I. W. D., y Elliot, D. H. 1973. The Scotia Arc and Antartic Margin. Plenum Press: 171-245.
- Dalziel, I. W. D., Lawver, L. A., Norton, I. O., y Gahagan, L. M. 2013a. The Scotia Arc: Genesis, Evolution, Global Significance. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 41: 767-793.

- Dalziel, I. W. D., Lawver, L. A., Pearce, J. A., Barker, P. F., Hastie, A. R., Barfod, D. N., Schenke, H. W., y Davis, M. B. 2013b. A potential barrier to deep antarctic circumpolar flow until the late miocene? *Geology*, 41: 947-950.
- Dartnell, P., y Gardner, J. V. 2004. Predicting Seafloor Facies from Multibeam Bathymetry and Backscatter Data. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 70: 1081-1091.
- Diez, M. J., Cabreira, A. G., Madirolas, A., Martín, J., y Gabriela, D. N. 2018. Winter is cool : spatio - temporal patterns of the squat lobster *Munida gregaria* and the Fuegian sprat *Sprattus fuegensis* in a sub - Antarctic estuarine environment. *Polar Biology*, 41: 2591-2605. Springer Berlin Heidelberg.
- Diraison, M., Cobbold, P. R., Gapais, D., Rossello, E. A., y Le Corre, C. 2000. Cenozoic crustal thickening, wrenching and rifting in the foothills of the southernmost Andes. *Tectonophysics*, 316: 91-119.
- Dowdeswell, J. A., Canals, M., Jakobsson, M., Todd, B. J., y Hogan, K. A. 2016. Introduction: An Atlas of Submarine Glacial Landforms. *Geological Society Memoir*, 46: 3-14.
- Dowdeswell, J. A., y Ottesen, D. 2013. Buried iceberg ploughmarks in the early Quaternary sediments of the central North Sea: A two-million year record of glacial influence from 3D seismic data. *Marine Geology*, 344: 1-9.
- Duncan, C. S., y Goff, J. A. 2001. Relict iceberg keel marks on the New Jersey outer shelf, southern Hudson apron: 411-414.
- Eagles, G. 2016. Plate kinematics of the Rocas Verdes Basin and Patagonian orocline. *Gondwana Research*, 37: 98-109. International Association for Gondwana Research.
- Eagles, G., y Jokat, W. 2014. Tectonic reconstructions for paleobathymetry in Drake Passage. *Tectonophysics*, 611: 28-50. Elsevier.
- Eagles, G., Livermore, R. A., Fairhead, J. D., y Morris, P. 2005. Tectonic evolution of the west Scotia Sea. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 110: 1-19.
- Eagles, G., Livermore, R., y Morris, P. 2006. Small basins in the Scotia Sea: The Eocene Drake Passage gateway. *Earth and Planetary Science Letters*, 242: 343-353.
- Esteban, F., Bran, D., Santomauro, M., Tassone, A., Menichetti, M., Lodolo, E., Lippai, H., y Vilas, J. F. 2013. The structures of the Peninsula Ushuaia in the Beagle Channel (Tierra del Fuego, Argentina). *Rendiconti Online Societa Geologica Italiana*, 29: 43-46.
- Esteban, F. D. 2013. Estudio geofísico-geológico del subsuelo del segmento noroccidental de la Dorsal Norte de Scotia. Argentina. Tesis Doctoral, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales (IGeBA), Universidad de Buenos Aires (inérita). 1-303 pp.
- Esteban, F. D., Ormazabal, J. P., Palma, F. I., Cayo, L. E., Lodolo, E., y Tassone, A. 2020. Strike-slip related folding within the Malvinas/Falkland Trough (south-western Atlantic ocean). *Journal of South American Earth Sciences*, 98. Elsevier.
- Esteban, F. D., y Palma, F. I. 2018. Dominios Morfoestructurales del margen mixto pasivo-transcurrente. Mar del Scotia NW. Argentina. *En X Jornadas Nacionales de Ciencias del Mar. XVIII Coloquio Nacional de Oceanografía*, p. 33. Buenos Aires.
- Esteban, F. D., y Tassone, A. 2017. Morfoestructura y continuidad en la región de Tierra del Fuego y Dorsal Norte de Scotia de lineamientos tectónicos asociados a la apertura de la placa de Scotia. *En XX Congreso Geológico Argentino*, pp. 12-13. San Miguel de Tucumán.

- Esteban, F. D., Tassone, A., Lodolo, E., y Menichetti, M. 2012. The South America-Scotia plate boundary from 67 °W to 56 °W (Southernmost Atlantic ocean). *Rendiconti Online Societa Geologica Italiana*, 22: 76-79.
- Esteban, F. D., Tassone, A., Menichetti, M., y Lodolo, E. 2017. Application of Slope Maps as a Complement of Bathymetry: Example from the SW Atlantic. *Marine Geodesy*, 40: 57-71. Taylor & Francis.
- Farre, J. A., McGregor, B. A., Ryan, W. B. F., y Robb, J. M. 1983. Breaching the shelfbreak: passage from youthful to mature phase in submarine canyon evolution. In: Stanley, D.J., Moore, G.T.(Eds.), *The Shelfbreak: Critical Interface on Continental Margins*. Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Sp. Publ., 33: 25-39. Special Publications of SEPM.
- Ferrari, R., Provost, C., Renault, A., Sennéchaël, N., Barré, N., Park, Y., y Lee, J. H. 2012. Circulation in Drake Passage revisited using new current time series and satellite altimetry : 1 . The Yaghan Basin. *Journal of Geophysical Research*, 117: 1-28.
- Gaudin, M., Mulder, T., Cirac, P., Berné, S., y Imbert, P. 2006. Past and present sedimentary activity in the Capbreton Canyon, southern Bay of Biscay. *Geo-Marine Letters*, 26: 331-345.
- Geletti, R. 2001. Elaborazione delle linee sismiche multicanale acquisite nella campagna TESAC. Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS) Open-File Report 9OGS/11GDL. 43 pp.
- Geletti, R., Lodolo, E., Schreider, A. A., y Polonia, A. 2005. Seismic structure and tectonics of the Shackleton Fracture Zone (Drake Passage, Scotia Sea). *Marine Geophysical Research*, 26: 17-28.
- Gerber, T. P., Amblas, D., Wolinsky, M. A., Pratson, L. F., y Canals, M. 2009. A model for the long-profile shape of submarine canyons. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 114: 1-24.
- Ghiglione, M. C., y Cristallini, E. O. 2007. Have the southernmost Andes been curved since Late Cretaceous time? An analog test for the Patagonian Orocline. *Geology*, 35: 13-16.
- Ghiglione, M. C., Yagupsky, D., Ghidella, M., y Ramos, V. A. 2008. Continental stretching preceding the opening of the Drake Passage: Evidence from Tierra del Fuego. *Geology*, 36: 643-646.
- Giesecke, R., Martín, J., Piñones, A., Höfer, J., Garcés-Vargas, J., Flores-Melo, X., Alarcón, E., Durrieu de Madron, X., Bourrin, F., y González, H. E. 2021. General Hydrography of the Beagle Channel, a Subantarctic Inter-oceanic Passage at the Southern Tip of South America. *Frontiers in Marine Science*, 8.
- Gómez de la Peña, L., Gràcia, E., Muñoz, A., Acosta, J., Gómez-Ballesteros, M., Ranero, C., y Uchupi, E. 2016. Geomorphology and Neogene tectonic evolution of the Palomares continental margin (Western Mediterranean). *Tectonophysics*, 689: 25-39. Elsevier B.V.
- González Guillot, M., Escayola, M., Acevedo, R. D., Pimentel, M., Seraphim, G., Proenza, J., y Schalamuk, I. 2009. The Plutón Diorítico Moat: Mildly alkaline monzonitic magmatism in the Fuegian Andes of Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 28: 345-359. Elsevier Ltd.
- Greene, H. G., Maher, N. M., y Paull, C. K. 2002. Physiography of the Monterey Bay National Marine Sanctuary and implications about continental margin development. *Marine Geology*, 181: 55-82.

- Grunfeld, K. 2016. Estudio geológico-geofísico del subsuelo del segmento occidental del margen continental de la Dorsal Norte de Scotia. Tesis de Licenciatura, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales (IGeBA), Universidad de Buenos Aires (inédita). 1-185 pp.
- Guillot, M. G., Acevedo, R. D., Escayola, M., y Scientific, N. 2007. The monte Kranck pluton : a new evidence of magmatic activity in the Fuegian Andes of Argentina. *En GEOSUR*.
- Harris, P. T., y Whiteway, T. 2011. Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margins. *Marine Geology*, 285: 69-86. Elsevier B.V.
- Heezen, B. C., Menzies, R. J., Schneider, E. D., Ewing, W. M., y Granelli, N. C. L. 1964. Congo submarine canyon. *AAPG bulletin*, 48: 1126-1149. American Association of Petroleum Geologists.
- Hernández-Molina, F. J., Paterlini, M. C., Violante, R., Marshall, P., de Isasi, M., Somoza, L., y Rebesco, M. 2009. Contourite depositional system on the Argentine slope: An exceptional record of the influence of Antarctic water masses. *Geology*, 37: 507-510.
- Hernández-Molina, F. J., Soto, M., Piola, A. R., Tomasini, J., Preu, B., Thompson, P., Badalini, G., Creaser, A., Violante, R. A., Morales, E., Paterlini, M., y De Santa Ana, H. 2016. A contourite depositional system along the Uruguayan continental margin: Sedimentary, oceanographic and paleoceanographic implications. *Marine Geology*, 378: 333-349. The Authors.
- IHO-IOC GEBCO Gazetteer of Undersea Feature Names, www.gebco.net. 2022. .
- Isola, J. I. 2021. Geomorfología y evolución plio-cuaternaria de las terrazas Piedra Buena y Valentín Feilberg, Talud medio-inferior. Tesis Doctoral, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales (IGeBA), Universidad de Buenos Aires (inédita). 263 pp.
- Isola, J. I., Tassone, A. A., Esteban, F. D., Violante, R. A., Haller, M. J. F., y ST-Onge, G. 2017. Sismoestratigrafía y evolución cenozoica de un sector de las terrazas nágera y perito moreno, margen continental patagónico. *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 24: 45-59.
- Iturraspe, R., Sottini, R., Schroeder, C., y Escobar, J. 1989. Hidrología y variables climáticas del Territorio de Tierra del Fuego. *Información básica. CADIC Contr. Cient*, 7: 1-196.
- Iturraspe, R., y Urciuolo, A. 2000. Clasificación y caracterización de las cuencas hídricas de Tierra del Fuego. *En XVIII Congreso Nacional del Agua. Termas de Río Hondo, Santiago del Estero*.
- Jourdan, F., Féraud, G., Bertrand, H., Kampunzu, A. B., Tshoso, G., Watkeys, M., y Le Gall, B. 2005. Karoo large igneous province : Brevity , origin , and relation to mass extinction questioned by new 40 Ar / 39 Ar age data. *Geology*, 33: 745-748.
- Kay, S. M., Ramos, V. A., Mpodozis, C., y Sruoga, P. 1989. Late Paleozoic to Jurassic silicic magmatism at the Gondwana margin: Analogy to the Middle Proterozoic in North America? *Geology*, 17: 324-328. Geological Society of America.
- Kennett, J. P. 1977. Cenozoic evolution of Antarctic glaciation, the circum-Antarctic Ocean, and their impact on global paleoceanography. *Journal of Geophysical Research*, 82: 3843-3860.
- Kleer. 1934. Algunas rocas de Tierra del Fuego. *Anal. Soc. Cient. Arg. (secc. Santa Fé)*: 126:86-87.
- Kranck. 1932. Geological investigation in the Cordillera of Tierra del Fuego. *Geographica*, 4.
- Kuijpers, A., Dalhoff, F., Brandt, M. P., Hümbes, P., Schott, T., y Zotova, A. 2007. Giant iceberg plow marks at more than 1 km water depth offshore West Greenland, 246: 60-64.

- Laberg, J. S., Guidard, S., Mienert, J., Vorren, T. O., Haflidason, H., y Nygård, A. 2007. Morphology and morphogenesis of a high-latitude canyon; the Andøya Canyon, Norwegian Sea. *Marine Geology*, 246: 68-85.
- Lagabrielle, Y., Godd  ris, Y., Donnadieu, Y., Malavieille, J., y Suarez, M. 2009. The tectonic history of Drake Passage and its possible impacts on global climate. *Earth and Planetary Science Letters*, 279: 197-211. Elsevier.
- Lamb, M. P., Parsons, J. D., Mullenbach, B. L., Finlayson, D. P., Orange, D. L., y Nittrouer, C. A. 2008. Evidence for superelevation, channel incision, and formation of cyclic steps by turbidity currents in Eel Canyon, California. *Bulletin of the Geological Society of America*, 120: 463-475.
- Lastras, G., Acosta, J., Muñoz, A., y Canals, M. 2011. Submarine canyon formation and evolution in the Argentine Continental Margin between 44  30'S and 48  S. *Geomorphology*, 128: 116-136. Elsevier B.V.
- Lastras, G., Canals, M., Urgeles, R., Amblas, D., Ivanov, M., Droz, L., Dennielou, B., Fabr  s, J., Schoolmeester, T., Akhmetzhanov, A., Orange, D., y García-García, A. 2007. A walk down the Cap de Creus canyon, Northwestern Mediterranean Sea: Recent processes inferred from morphology and sediment bedforms. *Marine Geology*, 246: 176-192.
- Livermore, R. 2003. Back-arc spreading and mantle flow in the East Scotia Sea. *Geological Society Special Publication*, 219: 315-331.
- Livermore, R., Nankivell, A., Eagles, G., y Morris, P. 2005. Paleogene opening of Drake Passage. *Earth and Planetary Science Letters*, 236: 459-470.
- Lodolo, E., Coren, F., Schreider, A. A., y Ceccone, G. 1997. Geophysical evidence of a relict oceanic crust in the southwestern Scotia Sea. *Marine Geophysical Research*, 19: 439-450. Springer.
- Lodolo, E., Donda, F., y Tassone, A. 2006. Western Scotia Sea margins: Improved constraints on the opening of the Drake Passage. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 111: 1-14.
- Lodolo, E., Menichetti, M., Bartole, R., Ben-Avraham, Z., Tassone, A., y Lippai, H. 2003. Magallanes-Fagnano continental transform fault (Tierra del Fuego, southernmost South America). *Tectonics*, 22: 1-17.
- Lodolo, E., y Tassone, A. 2010. Gateways and climate: The Drake passage opening. *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 51: 77-88.
- Lonardi, A. G., y Ewing, M. 1971. Sediment transport and distribution in the Argentine Basin. 5. Sedimentary structure of the Argentine margin, basin, and related provinces. *Physics and Chemistry of the Earth*, 8: 125-156.
- López-Martínez, J., Muñoz, A., Dowdeswell, J. A., Lin  s, C., y Acosta, J. 2011. Relict sea-floor ploughmarks record deep-keeled Antarctic icebergs to 45  S on the Argentine margin. *Marine Geology*, 288: 43-48. Elsevier B.V.
- Lozano, J. G. 2020. Estudio geofísico del subsuelo del área de los lagos Yehu  n, Chepelm  t Y alrededores, Isla Grande de Tierra del Fuego, Argentina. Tesis Doctoral, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales (IGeBA), Universidad de Buenos Aires (inédita). 218 pp.
- Lurton, X. 2002. An Introduction to underwater acoustic. Principles and Applications. Springer-Verlag.

- Maestro, A., Ruano, P., Torres Carbonell, P., Bohoyo, F., Galindo-Zaldívar, J., Pedrera, A., Ruiz-Constán, A., González-Castillo, L., Ibarra, P., y López-Martínez, J. 2019. Stress Field Evolution of the Southernmost Andean Cordillera From Paleostress Analysis (Argentine Tierra del Fuego). *Tectonics*, 38: 7-25.
- Maldonado, A., Bohoyo, F., Galindo-Zaldívar, J., Hernández-Molina, F. J., Lobo, F. J., Lodolo, E., Martos, Y. M., Pérez, L. F., Schreider, A. A., y Somoza, L. 2014. A model of oceanic development by ridge jumping: Opening of the Scotia Sea. *Global and Planetary Change*, 123: 152-173.
- Maldonado, A., Dalziel, I. W. D., y Leat, P. T. 2015. The global relevance of the Scotia Arc: An introduction. *Global and Planetary Change*, 125: A1-A8. Elsevier B.V.
- Maldonado, A., Zitellini, N., Leitchenkov, G., Balanyá, J. C., Coren, F., Galindo-Zaldívar, J., Lodolo, E., Jabaloy, A., Zanolli, C., Rodríguez-Fernández, J., y Vinnikovskaya, O. 1998. Small ocean basin development along the Scotia-Antarctica plate boundary and in the northern Weddell Sea. *Tectonophysics*, 296: 371-402.
- Martini, E. 1971. Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. *En In Proceedings Second Planktonic Conference*, pp. 739-785. Rome.
- Mazières, A., Gillet, H., Castelle, B., Mulder, T., Guyot, C., Garlan, T., y Mallet, C. 2014. High-resolution morphobathymetric analysis and evolution of Capbreton submarine canyon head (Southeast Bay of Biscay-French Atlantic Coast) over the last decade using descriptive and numerical modeling. *Marine Geology*, 351: 1-12. Elsevier B.V.
- Medialdea, T., Somoza, L., León, R., Farrán, M., Ercilla, G., Maestro, A., Casas, D., Llave, E., Hernández-Molina, F. J., Fernández-Puga, M. C., y Alonso, B. 2008. Multibeam backscatter as a tool for sea-floor characterization and identification of oil spills in the Galicia Bank. *Marine Geology*, 249: 93-107.
- Menichetti, M., Lodolo, E., y Tassone, A. 2008. Structural geology of the Fuegian Andes and Magallanes fold-and-thrust belt - Tierra del Fuego Island. *Geologica Acta*, 6: 19-42.
- Mercer, J. H. 1976. Glacial history of Southernmost South America. *Quaternary Research*, 6: 125-166.
- Micallef, A., Mountjoy, J. J., Barnes, P. M., Canals, M., y Lastras, G. 2014. Geomorphic response of submarine canyons to tectonic activity: Insights from the Cook Strait canyon system, New Zealand. *Geosphere*, 10: 905-929.
- Michaud, F., Ratzov, G., Sallarès, V., Collot, J. Y., Pazmiño, N., y De La Torre, G. 2009. Métodos e Instrumentación acústica para la exploración en Geofísica Marina.
- Miramontes, E., Eggenhuisen, J. T., Jacinto, R. S., Poneti, G., Pohl, F., Normandeau, A., Campbell, D. C., y Hernández-Molina, F. J. 2020. Channel-levee evolution in combined contour current-turbidity current flows from flume-tank experiments. *Geology*, 48: 353-357.
- Miramontes, E., Wide, F. W., Babonneau, N., y Penven, P. 2021. Contourite and mixed turbidite-contourite systems in the Mozambique Channel (SW Indian Ocean): Link between geometry, sediment characteristics and modelled bottom currents. *Marine Geology*.
- Mitchell, N. C. 2005. Interpreting long-profiles of canyons in the USA Atlantic continental slope. *Marine Geology*, 214: 75-99.
- Mitchell, N. C. 2006. Morphologies of knickpoints in submarine canyons. *Bulletin of the Geological Society of America*, 118: 589-605.

- Mpodozis, C., y Ramos, V. A. 2008. Tectónica Jurásica en Argentina y Chile: Extensión, subducción oblicua, rifting, deriva y colisiones? *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 63: 481-497.
- Mukasa, S. B., y Dalziel, A. N. W. D. 1996. Southernmost Andes and South Georgia Island, North Scotia Ridge: Zircon U-Pb and muscovite $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ age constraints on tectonic evolution of Southwestern Gondwanaland. *Journal of South American Earth Sciences*, 9: 349-365.
- Natland, M. L. 1974. A system of stages for correlation of Magallanes Basin sediments. Geological Society of America.
- Naveira Garabato, A. C., Heywood, K. J., y Stevens, D. P. 2002. Modification and pathways of Southern Ocean Deep Waters in the Scotia Sea. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 49: 681-705.
- Nitsche, F. O., Bell, R., Carbotte, S. M., Ryan, W. B. F., y Flood, R. 2004. Process-related classification of acoustic data from the Hudson River Estuary. *Marine Geology*, 209: 131-145.
- Oliveira, A., Santos, A. I., Rodrigues, A., y Vitorino, J. 2007. Sedimentary particle distribution and dynamics on the Nazaré canyon system and adjacent shelf (Portugal). *Marine Geology*, 246: 105-122.
- Olivero, E. B., y Malumián, N. 2008. Mesozoic-Cenozoic stratigraphy of the Fuegian Andes, Argentina. *Geologica Acta*, 6: 5-18.
- Olivero, E. B., y Martinioni, D. R. 2001. A review of the geology of the Argentinian Fuegian Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 14: 175-188.
- Ormazabal, J. P. 2022. Estudio sismo-acústico de las cuencas Malvinas y Magallanes offshore y la faja plegada y corrida asociada. Tesis Doctoral, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales (IGeBA), Universidad de Buenos Aires (inédita). 210 pp.
- Ormazabal, J. P., Isola, J. I., Palma, F. I., Lozano, J. G., Esteban, F. D., Menichetti, M. M., Lodolo, E., y Tassone, A. A. 2020. Basement structural control in magallanes-malvinas fold and thrust belt, offshore Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 103.
- Orsi, H., Whitworth, T., y Jr, W. D. N. 1995. On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current Pronounced meridional gradients in surface properties separate waters of the Southern Ocean from the warmer and saltier waters of the subtropical circulations. *Deep-Sea Research Part I*, 42: 641-673.
- Palma, F. I., Bozzano, G., Principi, S., Isola, J. I., Ormazabal, J. P., Esteban, F. D., y Tassone, A. A. 2021. Geomorphology and sedimentary processes on the Sloggett Canyon, Northwestern Scotia Sea, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 107: 103-136. Elsevier Ltd.
- Palma, F., Principi, S., Esteban, F. D., y Tassone, A. 2022. Interacción entre las corrientes de fondo y el Margen Continental de Tierra del Fuego. *En V Jornadas de Comunicación del IGeBA. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.*
- Palma, S., y Silva, N. 2004. Distribution of siphonophores, chaetognaths, euphausiids and oceanographic conditions in the fjords and channels of southern Chile. *Deep-Sea Research Part II*, 51: 513-535.
- Pankhurst, R. J., Riley, T. R., Fanning, C. M., y Kelley, S. P. 2000. Episodic silicic volcanism in Patagonia and the Antarctic Peninsula: Chronology of magmatism associated with the break-up of Gondwana. *Journal of Petrology*, 41: 605-625.

- Paull, C. K., Caress, D. W., Ussler, W., Lundsten, E., y Meiner-Johnson, M. 2011. High-resolution bathymetry of the axial channels within Monterey and Soquel submarine canyons, offshore central California. *Geosphere*, 7: 1077-1101.
- Paull, C. K., Ussler, W., Caress, D. W., Lundsten, E., Covault, J. A., Maier, K. L., Xu, J., y Augenstein, S. 2010. Origins of large crescent-shaped bedforms within the axial channel of Monterey Canyon, Offshore California. *Geosphere*, 6: 755-774.
- Pelayo, A. M., y Wiens, D. A. 1989. Seismotectonics and relative plate motions in the Scotia Sea region. *Journal of Geophysical Research*, 94: 7293.
- Pérez, L. F., Hernández-Molina, F. J., Esteban, F. D., Tassone, A., Piola, A. R., Maldonado, A., Preu, B., Violante, R. A., y Lodolo, E. 2015. Erosional and depositional contourite features at the transition between the western Scotia Sea and southern South Atlantic Ocean: links with regional water-mass circulation since the Middle Miocene. *Geo-Marine Letters*, 35: 271-288.
- Peroni, J. I. 2012. Modelado geofísico-geológico de plutones en las Islas Grande de Tierra del Fuego (Argentina) y Navarino (Chile). Tesis Doctoral, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales (IGeBA), Universidad de Buenos Aires (inédita). 430 pp.
- Piper, D. J. W., y Normark, W. R. 2009. Processes that initiate Turbidity Currents and their Influence on Turbidites: a Marine Geology Perspective. *Journal of Sedimentary Research*, 79: 347-362.
- Poblete, F., Roperch, P., Hervé, F., Diraison, M., Espinoza, M., y Arriagada, C. 2014. The curved Magallanes fold and thrust belt: Tectonic insights from a paleomagnetic and anisotropy of magnetic susceptibility study. *Tectonics*, 33: 2526-2551.
- Ponce, J. F., Rabassa, J., Coronato, A., y Borromei, A. M. 2011. Palaeogeographical evolution of the Atlantic coast of Pampa and Patagonia from the last glacial maximum to the Middle Holocene. *Biological Journal of the Linnean Society*, 103: 363-379.
- Popescu, I., Lericolais, G., Panin, N., Normand, A., Dinu, C., y Le Drezen, E. 2004. The Danube submarine canyon (Black Sea): Morphology and sedimentary processes. *Marine Geology*, 206: 249-265.
- Pratson, L. F., Ryan, W. B. F., Mountain, G. S., y Twichell, D. C. 1994. Submarine canyon initiation by downslope-eroding sediment flows: evidence in late Cenozoic strata on the New Jersey continental slope. *Geological Society of America Bulletin*, 106: 395-412.
- Preu, B., Hernández-Molina, F. J., Violante, R., Piola, A. R., Paterlini, M. C., Schwenk, T., Voigt, I., Krastel, S., y Spiess, V. 2013. Morphosedimentary and hydrographic features of the northern Argentine margin: The interplay between erosive, depositional and gravitational processes and its conceptual implications. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 75: 157-174.
- Preu, B., Schwenk, T., Hernández-Molina, F. J., Violante, R., Paterlini, M. C., Krastel, S., Tomasini, J., y Spieß, V. 2012. Sedimentary growth pattern on the northern Argentine slope: The impact of North Atlantic Deep Water on southern hemisphere slope architecture. *Marine Geology*, 329-331: 113-125. Elsevier B.V.
- Principi, S. 2018. Estudio geofísico y estructural de las áreas emergidas y sumergidas de la Bahía Sloggett, Isla Grande de Tierra del Fuego. Tesis de Licenciatura, Instituto de Geociencias Básicas, Aplicadas y Ambientales (IGeBA), Universidad de Buenos Aires (inédita). 1-99 pp.
- Puig, P., Durán, R., Muñoz, A., Elvira, E., y Guillén, J. 2017. Submarine canyon-head morphologies

- and inferred sediment transport processes in the Alías-Almanzora canyon system (SW Mediterranean): On the role of the sediment supply. *Marine Geology*, 393: 21-34. Elsevier B.V.
- Rabassa, J. 2008. Late Cenozoic Glaciations in Patagonia and Tierra del Fuego. *Developments in Quaternary Science*, 11: 151-204.
- Rabassa, J., Coronato, A., Roig, C., Martínez, O., y Serrat, D. 2004. Un bosque sumergido en Bahía Sloggett, Tierra del Fuego, Argentina: evidencia de actividad neotectónica diferencial en el Holeceno tardío. *En Procesos Geomorfológicos y evolución costera, II Reunión Geomorfología Litoral*, pp. 333-345. Santiago de Compostela, Spain.
- Rabassa, J., Serrat, D., Martí Bono, C., y Coronato, A. 1990. El Tardiglacial en el Canal Beagle. *En XI Congreso Geológico Argentino*, p. Vol 1. 290-293.
- Rapalini, A. E. 2007. A paleomagnetic analysis of the Patagonian Orocline. *Geologica acta*, 5: 287-294.
- Rapalini, A. E., Peroni, J., Luppo, S., Tassone, A. A., Cerredo, A. E., Esteban, F., Lippai, H., y Franciscovilas, J. 2015. Palaeomagnetism of Mesozoic magmatic bodies of the Fuegian Cordillera: implications for the formation of the Patagonian Orocline. *Geological Society, London, Special Publications*, 425: 65-80.
- Rebesco, M., y Camerlenghi, A. 2008. *Contourites*. Elsevier.
- Rebesco, M., Hernández-Molina, F. J., Van Rooij, D., y Wåhlin, A. 2014. Contourites and associated sediments controlled by deep-water circulation processes: State-of-the-art and future considerations. *Marine Geology*, 352: 111-154.
- Rebesco, M., y Stow, D. 2001. Seismic expression of contourites and related deposits: A preface. *Marine Geophysical Research*, 22: 303-308.
- Rodrigues, S., Hernández-Molina, F. J., Fonnesu, M., Miramontes, E., Rebesco, M., y Campbell, D. C. 2022. Earth-Science Reviews A new classification system for mixed (turbidite-contourite) depositional systems : Examples , conceptual models and diagnostic criteria for modern and ancient records. *Earth Science Reviews*.
- Rossello, E. 2005. Kinematics of the Andean sinistral wrenching along the Fagnano-Magallanes fault zone (Argentina-Chile Fuegian foothills). *International Symposium of Andean Geodynamics*: 623-626.
- Rossello, E. A., Ottone, E. G., Haring, C. E., y Nevistic, V. A. 2004. Significado tectónico y paleoambiental de los niveles carbonosos paleógenos de Estancia La Correntina, Andes Fueguinos. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59: 778-784.
- Rubin, J. 1967. Optimal Classification into Groups: An Approach for Solving the Taxonomy Problem. *Journal of Theoretical Biology*, 15: 103-144.
- Ryan, W. B. F., Carbotte, S. M., Coplan, J. O., O'Hara, S., Melkonian, A., Arko, R., Weissel, R. A., Ferrini, V., Goodwillie, A., Nitsche, F., Bonczkowski, J., y Zemsky, R. 2009. Global multi-resolution topography synthesis. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 10.
- Sabbione, N. C., Connon, G. C., Hormaechea, J. L., y Buffoni, C. 2007. Tierra del Fuego Reference Standard Earthquake Catalogue. *En Congreso Internacional sobre Geología y Geofísica del Hemisferio Sur GEOSUR*.
- Sabbione, N. C., Connon, G. C., Hormaechea, J. L., y Buffoni, C. 2017. Complemento al Catálogo Sismológico de Referencia para Tierra del Fuego 2017, 70: 771-783.

- Sarkar, S., Basak, C., Frank, M., Berndt, C., Huuse, M., Badhani, S., y Bialas, J. 2019. Late Eocene onset of the Proto- Antarctic Circumpolar Current. *Scientific Reports*: 1-11. Springer US.
- Shanmugam, G. 2015. The landslide problem. *Journal of Palaeography*, 4: 109-166.
- Shepard, F. P. 1972. Submarine canyons. *Earth Science Reviews*, 8: 1-12.
- Shepard, F. P., y Dill, R. F. 1966. Submarine canyons and other sea valleys. Rand McNally.
- Singer, B. S., Ackert, R. P., y Guillou, H. 2004. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and K-Ar chronology of Pleistocene glaciations in Patagonia. *Bulletin of the Geological Society of America*, 116: 434-450.
- Smith, W. H. F. F., y Sandwell, D. T. 1997. Global sea floor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. *Science*, 277: 1956-1962.
- Sobarzo, M., y Djurfeldt, L. 2004. Coastal upwelling process on a continental shelf limited by submarine canyons , Concepción , central Chile. *Journal of Geophysical Research*, 109: 1-20.
- Storey, B. C., y MacDonald, D. I. M. 1984. Processes of formation and filling of a Mesozoic back-arc basin on the island of South Georgia. *Geological Society Special Publication*, 16: 207-218.
- Stow, D. A. V., Hernández-Molina, F. J., Llave, E., Sayago-Gil, M., Díaz-del Río, V., y Branson, A. 2009. Bedform-velocity matrix: The estimation of bottom current velocity from bedform observations. *Geology*, 37: 327-330.
- Strahler, A. N. 1957. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *American Geophysical Union*, 38: 913-920.
- Tanner, P. W. G. 1982. Geology of Shag Rocks, part of a continental block on the north Scotia Ridge, and possible regional correlations. *British Antarctic Survey Bulletin*, 51: 125-136.
- Tarakanov, R. Y. 2009. Antarctic bottom water in the Scotia Sea and the Drake passage. *Oceanology*, 49: 607-621.
- Tarakanov, R. Y. 2012. The Scotia Sea and the Drake Passage as an orographic barrier for the Antarctic Circumpolar Current. *Oceanology*, 52: 157-170.
- Tassone, A., Lodolo, E., Menichetti, M., Yagupsky, D., y Vilas, J. F. 2008. Seismostratigraphic and structural setting of the Malvinas Basin and its southern margin (Tierra del fuego Atlantic offshore). *Geologica Acta*, 6: 55-67.
- Toniolo, H., y Cantelli, A. 2007. Experiments on Upstream-Migrating Submarine Knickpoints. *Journal of Sedimentary Research*, 77: 772-783.
- Torres-Carbonell, P. J., Olivero, E. B., y Dimieri, L. V. 2008. Control en la magnitud de desplazamiento de rumbo del Sistema Transformante Fagnano, Tierra del Fuego, Argentina. *Revista Geologica de Chile*, 35: 63-77.
- Torres Carbonell, P. J., Dimieri, L. V., Olivero, E. B., Bohoyo, F., y Galindo-Zaldívar, J. 2014. Structure and tectonic evolution of the Fuegian Andes (southernmost South America) in the framework of the Scotia Arc development. *Global and Planetary Change*, 123: 174-188. Elsevier B.V.
- Torres, P. J., Cao, S. J., González, M., Mosqueira, V., Dimieri, L. V, Duval, F., y Scaillet, S. 2020. The Fuegian thrust-fold belt : From arc-continent collision to thrust-related deformation in the southernmost Andes. *Journal of South American Earth Sciences*, 102: 102678. Elsevier.

- Tubau, X., Paull, C. K., Lastras, G., Caress, D. W., Canals, M., Lundsten, E., Anderson, K., Gwiazda, R., y Amblas, D. 2015. Submarine canyons of Santa Monica Bay, Southern California: Variability in morphology and sedimentary processes. *Marine Geology*, 365: 61-79. Elsevier B.V.
- Twichell, D. C., y Roberts, D. G. 1982. Morphology, distribution, and development of submarine canyons on the United States Atlantic continental slope between Hudson and Baltimore Canyons. *Geology*, 10: 408-412. Geological Society of America.
- Vérard, C., Flores, K., y Stampfli, G. 2012. Geodynamic reconstructions of the South America-Antarctica plate system. *Journal of Geodynamics*, 53: 43-60.
- Violante, R. A., Cavallotto, J. L., Bozzano, G., y Spoltore, D. V. 2017a. Sedimentación marina profunda en el margen continental argentino: Revisión y estado del conocimiento. *En Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, pp. 7-29.
- Violante, R. A., Laprida, C., y García Chapori, N. L. 2017b. The Argentina Continental Margin. *SpringerBriefs in Earth System Sciences*. Springer International Publishing, Cham.
- Wade, B. S., Pearson, P. N., Berggren, W. A., y Pälike, H. 2011. Review and revision of Cenozoic tropical planktonic foraminiferal biostratigraphy and calibration to the geomagnetic polarity and astronomical time scale. *Earth Science Reviews*, 104: 111-142. Elsevier B.V.
- Wiles, E., Green, A., Watkeys, M., Botes, R., y Jokat, W. 2019. Submarine canyons of NW Madagascar: A first geomorphological insight. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 161: 5-15. Elsevier Ltd.