

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL REGISTRO SÍSMICO OFFSHORE 3D ÁREA CAN 102 ARGENTINA

CAPÍTULO 5 - LÍNEA DE BASE AMBIENTAL

NOVIEMBRE DE 2021

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	4
2	ÁREA DE ESTUDIO Y ÁREA DE INFLUENCIA	5
2.1	ÁREA OPERATIVA	6
2.2	ÁREA DE INFLUENCIA DEL COMPONENTE BIÓTICO	7
2.2.1	Antecedentes de los potenciales efectos sobre la biota marina asociados a la emisión de energía sonora	7
2.2.2	Derrames de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas	15
2.2.3	Delimitación del Área de influencia del Componente Biótico	17
2.3	ÁREA DE INFLUENCIA DEL COMPONENTE FÍSICO	17
2.4	ÁREA DE INFLUENCIA DEL COMPONENTE ANTRÓPICO	18
3	MEDIO FÍSICO	22
3.1	GEOLOGÍA	22
3.1.1	Contexto estructural, geomorfológico y geosedimentario	22
3.1.2	Batimetría y lecho marino	24
3.1.3	Estructura	28
3.1.4	Factores que condicionaron el modelado y sedimentación en el margen continental argentino	31
3.1.5	Sedimentos	44
3.1.6	Peligrosidad geológica	51



3.2	OCEANOGRAFÍA	54
3.2.1	Masas de Agua y Circulación	54
3.2.2	Corrientes	61
3.2.3	Mareas	96
3.2.4	Clima de olas	98
3.2.5	Parámetros físico-químicos del agua de mar	113
3.3	CLIMATOLOGÍA	131
4	MEDIO BIÓTICO	147
4.1	DESCRIPCIÓN GENERAL	147
4.2	PLANCTON	151
4.2.1	Fitoplancton	151
4.2.2	Zooplancton	157
4.2.3	Ictioplancton y la participación de los calamares en el plancton	168
4.3	BENTOS	173
4.3.1	Comunidades bentónicas	174
4.4	NECTON	194
4.4.1	Peces y cefalópodos	194
4.4.2	Reptiles	236
4.4.3	Aves marinas	258
4.4.4	Mamíferos marinos	278
4.5	PESQUERÍAS	303
4.5.1	Conjuntos de interés pesquero	304
4.5.2	Principales especies blanco	306
4.5.3	Características de la flota pesquera	310
4.5.4	Distribución temporal de las capturas y esfuerzo pesquero	320
4.5.5	Descripción del Área Operatoria Norte y Variación Temporal de la actividad de flota	334
4.5.6	Principales puertos de desembarco asociados al proyecto	339
4.5.7	Especies de interés comercial	341



4.6	ÁREAS PROTEGIDAS Y SENSIBLES	376
4.6.1	Áreas Naturales Protegidas	377
4.6.2	Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS)	379
4.6.3	Áreas Acuáticas Prioritarias (AAP)	383
4.6.4	Áreas Protegidas FUTURAS 2020	384
4.7	CENTROS DE REHABILITACIÓN DE FAUNA MARINA	389
5	MEDIO ANTRÓPICO	395
5.1	DESCRIPCIÓN A ESCALA REGIONAL	395
5.1.1	Contexto político administrativo	395
5.1.2	Localidad costera próxima	398
5.1.3	Puerto de Mar del Plata	399
5.1.4	Permisos de exploración y de reconocimiento	406
5.1.5	Navegación	408
5.1.6	Actividad pesquera	418
5.1.7	Empleo	427
5.1.8	Actividad Hidrocarburífera	428
5.1.9	Infraestructura	431
5.2	IDENTIFICACIÓN Y PLAN DE INVOLUCRAMIENTO DE PARTES INTERESADAS	433
5.2.1	Identificación y mapeo de partes interesadas	433
5.2.2	Estrategia y enfoque hacia las partes interesadas	434
5.2.3	Planes de participación de las partes interesadas en todas las fases	434
5.2.4	Consulta a partes interesadas	435
6	BIBLIOGRAFÍA	440
	ANEXO I – MATERIAL DE DIVULGACIÓN	472



CAPÍTULO 5 – LÍNEA DE BASE AMBIENTAL

El objetivo fundamental de este Capítulo es evaluar de manera integral el área de influencia del proyecto, para lo cual se presenta información tanto de aspectos físicos, biológicos y antrópicos correspondientes a ésta. Ello permitirá evaluar y cuantificar los probables impactos ambientales, atribuibles o derivados de las actividades previstas, temas que serán abordados en los capítulos subsiguientes del estudio.

1 INTRODUCCIÓN

El impacto que un proyecto pueda tener en el ambiente depende tanto del conjunto de actividades y acciones involucradas en el mismo, como del conjunto de elementos y procesos que conforman el sistema ambiental en el cual se insertará este.

Por estas razones, como parte del estudio del impacto ambiental de cada proyecto, se hace necesario analizar el mismo desde un punto de vista ambiental, elaborando una caracterización profunda del ambiente mediante la descripción de los aspectos generales del medio (rasgos físicos, biológicos, culturales y socioeconómicos). Esto es lo que se conoce como Línea de Base Ambiental (LBA).

Para poder llevar a cabo los objetivos del presente estudio, el mismo se nutrió de información secundaria, refiriéndose por tal a aquella obtenida del análisis de los trabajos científicos publicados en cada uno de los temas abordados en el presente estudio.

Como característica fundamental y prioritaria, para la incorporación de información secundaria al análisis se buscó que la misma cumpliera con un conjunto de condiciones. Así, resultó importante que dicha información fuera confiable, lo cual se encuentra relacionado principalmente con su fuente de origen, el tratamiento que se le dio a la misma y su representatividad. También se buscó que la misma fuera lo más homogénea posible, permitiendo, de esta manera, la comparación entre diversos estudios. A su vez, se hizo énfasis en la actualidad de los datos, generando de esta manera un menor desfasaje temporal entre el momento que los mismos fueron tomados y el fenómeno que se desea analizar. Finalmente se utilizó sólo la información considerada pertinente, es decir, aquella considerada realmente útil y adecuada para el respectivo análisis.

Así, a partir de la recopilación y del posterior análisis de la información secundaria se pudo realizar la contextualización del medio en el cual se encuadra el proyecto. De este modo, se pudo realizar una caracterización del medio físico (clima, geología y oceanografía), así como también del medio biótico (fauna, flora y áreas protegidas) y del medio antrópico, especialmente en lo referido a las actividades realizadas en la zona y sobre las cuales la ejecución del proyecto puede ocasionar una interferencia.

Este capítulo contiene asimismo la identificación, mapeo y el proceso de consultas realizadas a los actores claves.



2 ÁREA DE ESTUDIO Y ÁREA DE INFLUENCIA

El Área de Adquisición comprende unos 2.400 km² aproximadamente dentro del bloque identificado como CAN 102 localizado en la Cuenca Argentina Norte de la Plataforma Continental Argentina, en aguas abiertas, a profundidades de entre 1.300 m y 3.700 m. Así, el proyecto se ubica en la Zona Económica Exclusiva de Argentina, y se inserta en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya según la zonificación definida por el tratado del Río de la Plata.

Esto la ubica a una distancia superior a los 270 km de la localidad costera más cercana (Punta Médanos, Provincia de Buenos Aires) y a más de 310 km del Puerto de Mar del Plata. Las principales vías de acceso son marítimas y/o aéreas desde estas localidades y hacia el área.

Se define como área de influencia de un proyecto a la zona sobre la que será posible medir impactos derivados de las acciones que proponga el mismo. Según sea el tipo de impacto, directo o indirecto, el área podrá ser de influencia directa (AID) o indirecta (AII). La “Guía para la elaboración de estudios de impacto ambiental” de la entonces Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable (SAyDS, 2019) define al Área de influencia directa (AID) como “la máxima área envolvente del proyecto y sus instalaciones asociadas, dentro de la cual se pueden predecir con una razonable (fundamentada) confianza y exactitud los impactos ambientales directos sobre los receptores sensibles identificados en el área de estudio” y al Área de influencia indirecta (AII) como “el área dentro de la cual se prevén impactos indirectos vinculados a impactos directos del proyecto, y cuyos efectos se podrían superponer o acumular con efectos ambientales de otros proyectos pasados, presentes o futuros”.

Evidentemente, no será posible determinar el área de influencia del proyecto hasta tanto no se tengan evaluados los impactos. Sin embargo, considerando antecedentes similares se puede determinar un área de estudio que estimativamente abarque con cierta holgura las áreas de influencia directas e indirectas. Consecuentemente, la definición del Área de Estudio permite definir zonas de mayor interés y concentrar los esfuerzos hacia las mismas (ver Figura 3).

Dado que la manifestación de los impactos ambientales de una actividad, obra o proyecto puede variar de un componente a otro y de una actividad a otra, resulta factible que, en el proceso de identificación y delimitación del área de influencia de dicho proyecto, se establezcan áreas de influencia por componente, grupo de componentes o medio, que luego se adicionan para definir el área de influencia del proyecto. De este modo, la delimitación del área de influencia puede considerar uno o varios polígonos.

A modo de referencia, los “*Términos de Referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA en proyectos de exploración sísmica marina en profundidades menores a 200 m.*” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia (2016), “*el área de Influencia de un proyecto de exploración sísmica marina, corresponde a la agregación de las siguientes áreas: i) polígono del área de exploración sísmica, ii) franja buffer o de protección, calculada a partir de los modelos de propagación de onda acústica generados, definiendo como distancia el nivel de sonido que potencialmente puede afectar la estructura y función de los componentes del ecosistema (principalmente tortugas y mamíferos marinos), iii) áreas de maniobra que la embarcación necesita para cambiar de rumbo; en razón a que, aunque no se realiza actividad sísmica en esta área, los equipos se encuentran desplegados, y iv) fracción de la zona continental, cuando aplique, en razón de la ubicación de comunidades que sufran afectación en el normal desarrollo de sus actividades económicas (p. e. pesqueras o de operación turística) a causa de la ejecución de proyecto.*”

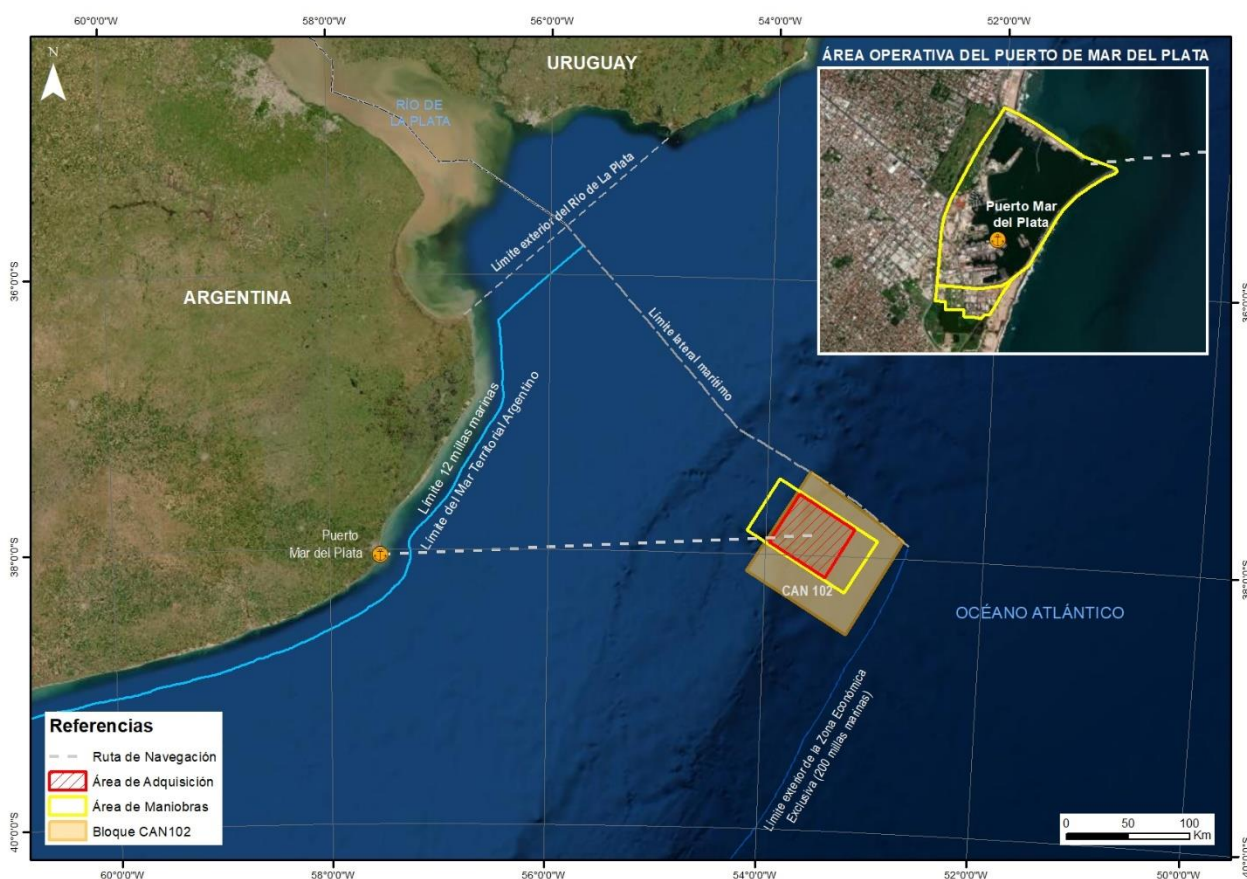


2.1 ÁREA OPERATIVA

Para la definición de dichas áreas para el proyecto “Registro Sísmico Offshore 3D Área CAN 102” se parte entonces de la determinación del área operativa del proyecto, es decir del espacio en el que se realizarán las acciones claves del mismo. El Área de Adquisición de datos sísmicos está rodeada por un área operativa más amplia (Área de Maniobras) que abarca las maniobras auxiliares del buque sísmico incluyendo los giros que realizará el conjunto sísmico para efectuar los cambios de líneas. En su mayor extensión espacial el Área de Maniobras no supera los 20 km de distancia desde el Área de Adquisición (sectores NO y SE donde se realizarán los giros del conjunto sísmico), y en su menor extensión comprende 2 km alrededor de la misma.

El área operativa incluye asimismo el Puerto Mar del Plata, desde donde se movilizará/desmovilizará el buque sísmico y las embarcaciones de apoyo, y donde el buque logístico se reabastecerá de combustible, alimentos frescos y suministros cada 2 o 3 semanas en promedio, y las rutas entre dicho puerto y el Área de Adquisición CAN 102.

La disposición geográfica del área operativa del proyecto se presenta en la Figura 1.



Las áreas de influencia directa e indirecta se definen a continuación en función de los componentes bióticos, físico y antrópico.



2.2 ÁREA DE INFLUENCIA DEL COMPONENTE BIÓTICO

Para la delimitación del área de influencia del componente biótico se han considerado preliminarmente antecedentes de los potenciales efectos (y su alcance) sobre la biota marina típicamente asociados a los registros sísmicos exploratorios, que se caracteriza por la emisión de energía sonora. Asimismo, se ha tenido en cuenta la posibilidad de ocurrencia de incidentes de derrames de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas con potenciales consecuencias para la fauna marina.

2.2.1 Antecedentes de los potenciales efectos sobre la biota marina asociados a la emisión de energía sonora

- Mamíferos marinos

El impacto del ruido antropogénico sobre los mamíferos marinos ha sido descrito en numerosos artículos e informes, entre ellos Richardson et al. (1995), Southall et al. (2007) y Nowacek et al. (2007).

Richardson et al. (1995) proporcionaron un marco de referencia para la evaluación del impacto del ruido en el medio acuático introduciendo el concepto de cuatro zonas de influencia en el comportamiento y la audición de los mamíferos marinos. Estas zonas son "zona de audibilidad", "zona de respuesta", "zona de enmascaramiento" y "zona de pérdida de audición, molestias y lesiones". No obstante, los métodos para establecer estas cuatro zonas para diferentes especies y fuentes de ruido no están estandarizados (Tougaard et al., 2009).

En base al trabajo de Richardson et al. (1995) Australia (Government of South Australia, 2012) ha definido 3 zonas de impacto, que pueden definirse de la siguiente manera (Figura 2):

- Zona de audibilidad: Área dentro de la cual los mamíferos marinos pueden percibir el ruido de la fuente pero no muestran respuesta de comportamiento significativa. El tamaño de la zona audible es altamente dependiente del entorno de ruido ambiente, el cual se viene incrementando en las últimas décadas.
- Zona de respuesta: Área dentro de la cual los mamíferos marinos pueden reaccionar conductualmente a la fuente de ruido. Esta zona puede ser más pequeña que la zona de audibilidad ya que los mamíferos marinos generalmente no muestran respuestas significativas de comportamiento a los ruidos que son débiles pero audibles.
- Zona de lesión auditiva: Área más cercana a la fuente de ruido donde los niveles de ruido pueden ser lo suficientemente altos como para causar un impacto fisiológico como cambio del umbral auditivo temporal que equivale a la pérdida de audición temporal (TTS, por sus siglas del inglés *Temporary Threshold Shift*) o cambio de umbral permanente que equivale a la lesión auditiva (PTS, por sus siglas del inglés *Permanent Threshold Shift*).

Estas zonas de impacto definen el área de influencia probable de una fuente de ruido e indican la distancia a la que se espera que esta fuente tenga un cierto impacto en una especie de mamífero marino, ya sea en el comportamiento o en la fisiología. Esta información, junto con la información sobre la importancia biológica del entorno marino como hábitat de la especie considerada, por ejemplo, las zonas de reproducción, cría o descanso, las rutas migratorias o las zonas de alimentación, se utilizan para evaluar el probable impacto de una fuente de ruido (Government of South Australia, 2012).





Figura 2. Zonas de impacto de las fuentes de ruido submarino, incluyendo la zona de audición, la capacidad de respuesta y las lesiones auditivas. La zona de lesión auditiva se divide a su vez en zonas de desplazamiento de umbral temporal (TTS) y permanente (PTS). Fuente: adaptado de Government of South Australia, 2012.

Impactos fisiológicos

Efectos físicos y fisiológicos no auditivos

Daños físicos severos (compromiso de órganos vitales) producidos por el ruido subacuático estarían limitados a situaciones inusuales en las que los animales puedan estar expuestos a muy corta distancia de la fuente de energía sísmica durante períodos inusualmente largos (BOEM, 2014).

Lesiones auditivas - Desplazamiento del umbral de audición

La mayoría de los debates sobre los efectos fisiológicos del ruido submarino se han centrado en el sistema auditivo, ya que este sistema es probablemente el más sensible al ruido.

Los animales expuestos a un sonido intenso pueden experimentar una reducción de la sensibilidad auditiva durante algún tiempo después de la exposición. Este aumento del umbral auditivo se conoce como desplazamiento del umbral inducido por el ruido (TS, por sus siglas del inglés *Threshold Shift*). La cantidad de TS en la que se incurre está influida por la amplitud, la duración, el contenido de frecuencia, el patrón temporal y la distribución de la energía del ruido (Southall et al., 2007). También se ve influenciada por características del animal, como el comportamiento, la edad, el historial de exposición al ruido y la salud. La magnitud del TS generalmente disminuye con el tiempo después de la exposición al ruido y, si finalmente vuelve a cero, se conoce como desplazamiento temporal del umbral (TTS, por sus siglas del inglés *Temporary Threshold Shift*). Si el TS no vuelve a cero después de algún tiempo, se conoce como cambio de umbral permanente (PTS, por sus siglas del inglés *Permanent Threshold Shift*). Los niveles de sonido asociados con el inicio del TTS se consideran generalmente por debajo de los niveles que causarán el PTS, que se considera una lesión auditiva.



Criterios de impacto acústico

Desde mediados de la década de 1990, el Servicio Nacional de Pesca Marítima de los Estados Unidos (NMFS, por sus siglas en inglés) ha establecido umbrales acústicos que identifican los niveles de sonido recibidos por encima de los cuales podría producirse un deterioro permanente de la audición u otras lesiones, definidos como “Nivel A” (*“Level A Harassment -potential injury-”*). Históricamente, el NMFS identificó 180 y 190 dB re 1 μ Pa (rms) para los cetáceos y los pinnípedos, respectivamente, como los niveles por encima de los cuales, en opinión de un panel de especialistas en bioacústica convocado por el NMFS antes de que se dispusiera de mediciones de desplazamiento de umbral temporal (TTS), no se podía tener la certeza de que no habría efectos perjudiciales, auditivos o de otro tipo, para los mamíferos marinos. Este umbral de 180 dB re 1 μ Pa (rms) es el más difundido en las guías y estudios ambientales para estimar el impacto del ruido en la fauna marina, y en base al cual se establecen “Zonas de Exclusión” calculadas a partir de los modelos de propagación de onda acústica. Según características del medio, mediante la modelización suelen obtenerse distancias de 300 hasta 3000 metros de la fuente de energía sísmica para dicho umbral (MAGRAMA, 2012).

Recientemente, el Servicio Nacional de Pesca Marítima de los Estados Unidos (NMFS) emprendió un riguroso proceso de revisión y actualización de los umbrales para estimar el inicio de la lesión auditiva (que el NMFS considera el inicio del *Level A Harassment*) incorporando la ciencia más reciente y utilizando métodos mejorados. El desarrollo de estos umbrales acústicos revisados incluyó la creación de una Guía Técnica de referencia que articula los umbrales y cómo éstos se obtuvieron científicamente¹. De acuerdo al estudio de los Efectos de las Actividades de Petróleo y Gas en el Océano Ártico (NOAA, 2016) que compara las distancias de seguridad establecidas según ambos criterios, las distancias obtenidas con el nuevo criterio se encuentran en general ampliamente contenidas dentro de las establecidas con el criterio de 180 y 190-dB re 1 μ Pa (rms) aplicado anteriormente.

Impactos en el comportamiento

Las respuestas conductuales al ruido incluyen una variedad de efectos, incluyendo cambios sutiles en el comportamiento, cambios más conspicuos en las actividades y desplazamientos. Las reacciones observables de los mamíferos marinos ante el sonido incluyen la atracción hacia la fuente sonora, el aumento de la vigilancia, la modificación de sus propios sonidos, el cese de la alimentación o de la interacción, la alteración de la conducta de natación o de buceo (cambio de dirección o velocidad), el abandono del hábitat a corto o largo plazo (desviación, evitación a corto o largo plazo), y, posiblemente, reacciones de pánico, como el estampido o el varamiento (Nowacek et al., 2007; Richardson et al., 1995; Southall et al., 2007). El enmascaramiento de los sonidos de importancia biológica puede interferir con la comunicación y la interacción social, y también pueden causar cambios de comportamiento (Government of South Australia, 2012).

¹ Los mencionados umbrales coinciden con los umbrales considerados en este estudio para la evaluación del impacto auditivo sobre los mamíferos en base a Southall et al., 2019 (ver Capítulo 7) si bien a la fecha existen escasos ejemplos de aplicación que orienten sobre la implementación de estos criterios y no se cuenta con antecedentes de su aplicación en nuestro país.



Los estudios del impacto de los relevamientos sísmicos se han centrado principalmente en las grandes ballenas. Resultados de estos estudios son las observaciones de comportamientos de evitación a rangos de hasta 12 km por yubartas, 5 km por ballenas grises o 3 km por ballenas de Groenlandia (MAGRAMA, 2012). Los estudios recopilados por Chicote et al. (2013) indican que el comportamiento de los cetáceos en respuesta a una exposición a una fuente de prospección sísmica, demuestra reacciones muy diversas en diferentes especies, e incluso entre individuos diferentes de una misma especie. Los resultados de los estudios demostraron un grado variable de perturbación de los cetáceos, indicando que los pequeños odontocetos (delfines, marsopas, calderones) mostraban una mayor evasión lateral mientras que los mysticetos (ballenas) y las orcas mostraban alguna evasión espacial localizada. No se encontraron cambios en la orientación de los cachalotes, aunque el número de observaciones no fue suficiente para realizar un análisis estadístico fiable. Estudios similares (McCauley et al., 1998 citado en Gordon et al., 2003) evidenciaron distintas reacciones en las ballenas jorobadas durante su migración en la costa este de Australia. En algún caso observaron fuertes reacciones en el comportamiento de las ballenas, que aceleraron su nado hasta alcanzar los 10-15 nudos de velocidad, antes de avistarse a 1500 m de la fuente de energía sísmica. En otros casos las ballenas se mantuvieron más prolongadamente en la superficie y un ejemplar nadó en zig-zag, hasta distanciarse de la fuente de energía sísmica. Los autores sugirieron que la sensibilidad a las fuentes de ruido no variaría únicamente entre especies, sino que diferentes ballenas de una misma especie podrían exhibir diferentes niveles de sensibilidad. Gould (1996, citado en Gordon et al., 2003) realizó un seguimiento de la actividad acústica en una población de delfín común (*Delphinus delphis*) antes, durante y después de un registro sísmico en la costa de Gales y observó que en un área de 1 km de radio los delfines se comportaron de manera aversiva frente a las señales de una fuente sísmica.

De acuerdo a Gordon et al. (2003, citado en Chicote et al., 2013) en el caso de los cachalotes los resultados de los estudios son controvertidos. Se cree que los cachalotes tienen una audición de baja frecuencia muy superior a la de los odontocetos de menor tamaño, por lo que serían más sensibles a los pulsos de la fuente de energía sísmica. No obstante, los estudios discrepan. Mate et al. (1994) (citado en Gordon et al., 2003) registraron una reducción a aproximadamente un tercio en la densidad de cachalotes en un área preferente en el Norte del Golfo de México dos días después del inicio de una prospección sísmica. Cinco días después, la abundancia se había reducido a cero. Por su parte, Bowles et al. (1994) (citado en Gordon et al., 2003) observaron que los cachalotes cesaban de vocalizar durante algunos, pero no todos, los períodos en los que un buque de investigación sísmica fue percibido disparando a un rango de 370 km. Sin embargo, y en contraste con estos informes, otras observaciones sugieren que los cachalotes muestran poca respuesta por los estudios sísmicos y no son excluidos del hábitat por éstos (por ejemplo, Rankin y Evans, 1998; Swift 1998 citados en Gordon et al., 2003). La recopilación realizada por Gordon et al. (2003) indica que se han observado cambios de comportamiento en los mamíferos marinos en respuesta a la exposición a los pulsos de fuentes sísmicas mayormente a distancias que no superan los 10 km, y en algunos casos respuestas de evitación a distancias de hasta 70 km.



Dado que la delimitación de una “zona de respuesta” está relacionada con las reacciones de comportamiento de la especie objetivo, sólo puede establecerse mediante observaciones de comportamiento, que en muchos casos son difíciles de obtener (no todas las respuestas son visibles desde el exterior del animal, la porción de los animales expuestos bajo el agua [es decir, no son visibles], muchos animales se encuentran a muchos kilómetros de los observadores y cubren un área muy grande, etc.). Las mediciones prácticas se complejizan aún más por el hecho de que la mayoría de los animales muestran diferentes reacciones al ruido dependiendo de las experiencias de exposición previas y de los estados de comportamiento y fisiológicos del animal durante la exposición al ruido (Tougaard et al., 2009). En este sentido, el Servicio Nacional de Pesca Marítima de los Estados Unidos (NMFS) ha definido junto con los umbrales de lesión potencial, umbrales acústicos que estiman niveles de sonido en los que se podrían producir perturbaciones del comportamiento en los mamíferos marinos, definidos como “Nivel B” (*“Level B Harassment -behavioral harassment-”*)². Para los ruidos impulsivos (como los pulsos de las fuentes de energía sísmica) este umbral acústico se estableció en 160 dB re 1 μ Pa rms. Así como los umbrales de lesión potencial fueron actualizados por el NMFS desde su establecimiento a mediados de la década del ‘90, los “umbrales de perturbación del comportamiento” también han sido objeto de un proceso de revisión incorporando los conocimientos obtenidos de las investigaciones más recientes (NOAA, 2016). No obstante, a la fecha, no se han publicado nuevos valores para los umbrales del “Nivel B”.

Teniendo en cuenta lo anterior, y sólo a los fines de la delimitación de un área de influencia que abarque los mencionados efectos, si se considera la fuente involucrada en el proyecto de “Registro Sísmico Offshore 3D Área CAN 102”, y se asume una pérdida de transmisión teórica intermedia entre la cilíndrica y esférica, se puede estimar que el umbral de 160 dB re 1 μ Pa-m (rms) se alcanzaría para el presente proyecto entre los 50 y 100 km de distancia a la fuente.

- **Aves marinas y costeras**

Las actividades sísmicas podrían tener efectos sobre las aves marinas y costeras a través de diversos mecanismos, como se resume a continuación.

Perturbación

Las respuestas de las aves a la perturbación varían según la especie, el estado fisiológico y reproductivo del individuo, la distancia de la perturbación y el tipo/intensidad/duración de la perturbación. Las exploraciones sísmicas dan como resultado una propagación del sonido tanto horizontal como vertical en la columna de agua. Las observaciones de aves en las proximidades de los registros sísmicos realizadas por Stemp (1985, citado en NOAA, 2016) no evidenciaron ninguna perturbación perceptible en las aves durante las emisiones de los pulsos sonoros. Este autor llegó a la conclusión de que los efectos negativos de las operaciones sísmicas no eran probables, siempre que las actividades se realizaran lejos de las colonias de aves y sus concentraciones de alimentación.

² Bajo la Ley de Protección de Mamíferos Marinos de los Estados Unidos, el *“Level B Harassment -behavioral harassment-”* se define como “el acto de persecución, tormento o molestia que tiene el potencial de perturbar a un mamífero marino o a una población de mamíferos marinos en el medio silvestre causando una perturbación de los patrones de comportamiento, incluyendo, pero no limitado a, la migración, la respiración, la lactancia, la reproducción, la alimentación o el refugio, pero que no tiene el potencial de lesionar a un mamífero marino o a una población de mamíferos marinos en el medio silvestre”.



Lesiones/Mortalidad

Como se mencionó anteriormente el despliegue de la actividad sísmica produce como resultado una propagación del sonido tanto horizontal como vertical en la columna de agua. Al igual que con otros animales, existe la posibilidad de que un ave resulte herida por la energía sísmica si la misma se encuentra muy cerca (< 2 m) de la fuente en funcionamiento. Se estima que esta situación resulta rara porque las aves tienden a evitar los buques en funcionamiento y el sonido aéreo asociado a las fuentes de aire comprimido activa (NOAA, 2016).

Cambios en el hábitat

La energía de fuentes sísmicas puede afectar a los invertebrados y a los peces (alimento de aves). Sin embargo, existen muy pocos efectos en los invertebrados y los peces asociados a estas emisiones, a menos que estén a unos pocos metros de la fuente de sonido (McCauly 1994, citado en NOAA, 2016). Estos efectos de perturbación son altamente locales y transitorios y no es probable que disminuyan la disponibilidad de presas para ninguna especie de aves.

- **Tortugas marinas**

Las publicaciones de datos provenientes de observación de tortugas marinas en relación con las prospecciones sísmicas son escasos (Nelms et al., 2016). En Brasil la normativa del Instituto Brasileiro de Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (IBAMA) define una distancia mínima de 1.000 m entre la tortuga y el centro del arreglo sísmico para apagar la fuente de aire comprimido de manera temporaria. Este criterio ha sido incorporado también en la Res. 201/2021 que establece las medidas de mitigación y monitoreo para las actividades de prospección sísmica en nuestro país.

- **Peces y pesquerías**

La gama de potenciales efectos sobre los peces de fuentes de sonido intenso, como las fuentes de energía sísmica, varía mucho, pero está influida principalmente por el nivel de exposición al sonido, y la distancia de los organismos al mismo, siendo los niveles de sonido elevados los más perjudiciales. Aunque pueden ocurrir efectos fisiológicos directos como lesión o pérdida de audición, lesión de los tejidos o muerte, los efectos indirectos que modifican el comportamiento de los peces suelen ser los más comunes y probables. Estas modificaciones del comportamiento son muy variables y dependen de una serie de factores, como la especie, la etapa del ciclo vital, la hora del día, si los peces se han alimentado, y cómo se propaga el sonido en un entorno determinado (NOAA, 2016).

Se han realizado numerosos estudios sobre los efectos del sonido de baja frecuencia en una serie de especies de peces (< 300 Hz). De acuerdo a la revisión realizada por Carroll et al., 2017, el sonido sísmico puede provocar respuestas de comportamiento en los peces, algunas de las cuales pueden afectar negativamente a una población (por ejemplo, a través de la reducción de la tasa de búsqueda de alimento o la evitación de depredadores), y otras que pueden suponer un pequeño aumento del riesgo (por ejemplo, una breve respuesta de sobresalto). La mayoría de los estudios se basaron en laboratorios o en el uso de jaulas y deben interpretarse con precaución. Se ha informado que las descargas de aire comprimido causan una serie de respuestas de sobresalto y alarma en los peces, cambios en la posición en la columna de agua y velocidades de natación. Mientras que algunas especies muestran fuertes cambios de comportamiento ante la exposición a los sonidos sísmicos, se ha observado una falta de efectos de comportamiento en otras especies. Algunas especies de peces han mostrado potencialmente una habituación al ruido repetido de las fuentes de energía sísmica, mostrando algunos peces menos respuestas de sobresalto o volviendo rápidamente a sus patrones de comportamiento normales.



De acuerdo a la revisión realizada por Russell (2018), de los estudios experimentales y oportunistas realizados en el mundo entre 1969 y 2005 sobre los efectos de las fuentes de energía sísmica en diferentes peces, la mayoría de los efectos se producen a distancia por lo general menores a 10 km. McCauley et al. (2000) sugieren que entre 161-168 dB re 1 mPa² se inicia una evitación activa de la fuente de sonido y que esto corresponde a un rango del conjunto sísmico medido de 1-2 km. Ello ha llevado a postular que valor por encima de este umbral pueden afectar el comportamiento de los peces más cercanos y por ende influir sobre las pesquerías próximas. Fuera de las zonas de desove, las poblaciones de peces probablemente no se vean afectados por la perturbación, pero aun así los peces pueden ser desplazados temporalmente de importantes zonas de alimentación y pesca (Engås y Løkkeborg 2002; Slotte et al., 2004). Ello cobra particular interés cuando se trata de especies estenofagas que pueden así verse muy afectadas. Una distancia de 40-50 km podría ser considerada como un buffer conveniente para evitar mayores efectos de espantamiento. Más recientemente, Meekan et al. (2021) cuantificaron mediante el uso de video cámaras y marcas acústicas el impacto de prospecciones sísmicas sobre el número, tamaño y comportamiento de peces demersales de valor comercial (Lethrinidae, Lutjanidae, y Epinephelidae) que habitan en la plataforma del oeste de Australia. Se efectuaron emisiones similares a las que se efectúan en las prospecciones comerciales, comparándose la respuesta de los peces 1,3,5 meses antes de las emisiones y 1 y 2 meses después que a su vez se compararon con un área control donde no se verificaban prácticas de exploración sísmica desde 10 años atrás. No se encontraron diferencias de cambios importantes en la composición, riqueza y abundancia de las especies que componen el ensamble de peces antes y después de los disparos respecto a la zona control. Tampoco se detectaron tendencias significativas de incremento o reducción a lo largo del tiempo de ninguna especie, ni se observó cambios en la talla media de las especies blanco de las pesquerías (*Lethrinus punctulatus*, *Lutjanus sebae*, *Lutjanus vitta*, *Epinephelus areolatus*, *Epinephelus multinotatus* y *Plectropomus maculatus*). El uso de marcas acústicas (solo en *Lutjanus sebae*) no arrojó tampoco evidencias de una evasión activa ni abandono de la zona durante los dos meses posteriores a los experimentos.

Los huevos y las larvas son más vulnerables a los efectos del ruido que los peces juveniles y adultos, ya que son mucho menos móviles y, en cambio, suelen depender de las corrientes para su movilidad. En algunos casos, los huevos están fijados al sustrato y por lo tanto completamente inmóviles. Davis et al. (1998, citado en NOAA, 2016) ha demostrado que los niveles de sonido cercanos a los 220 dB re 1 μ Pa son letales para los huevos y las larvas de los peces. Estos niveles de sonido corresponden a una distancia de 0,6 a 3 m de una fuente de aire comprimido. A 210 dB re 1 μ Pa pueden producirse daños visibles en las larvas, lo que corresponde a una distancia aproximada de 5 m (16 pies) de dicha fuente (NOAA, 2016).

- **Invertebrados**

En la revisión de la información disponible sobre los efectos de los sonidos sísmicos en los invertebrados, realizadas por el Departamento de Pesquerías y Océanos del Canadá (DFO, por sus siglas en inglés) reportó que en algunas oportunidades se han observado efectos letales y/o subletales en los invertebrados (por ejemplo, crustáceos, gasterópodos) expuestos a sonidos de fuentes de aire comprimido a distancias de <5 m en condiciones experimentales. Los autores consideraron que era poco probable que la exposición a las fuentes de energía sísmica diera lugar a una mortalidad directa de invertebrados, aunque éstos pueden presentar reacciones de comportamiento a corto plazo ante el sonido (DFO 2004, citado en NOAA, 2016).



Los efectos de la energía de las exploraciones sísmicas en las poblaciones de invertebrados se debaten cada vez más a la luz de los estudios de caso en las aguas europeas del Océano Atlántico en los que se encuentran poblaciones de cefalópodos. Numerosos estudios de laboratorio han tratado de ilustrar los posibles efectos de la energía sísmica en las poblaciones de invertebrados, tanto larvales como adultas. En un estudio de laboratorio de cuatro especies de calamares, André et al. (2011, citado en NOAA, 2016) demostraron que la exposición a sonidos de baja frecuencia provocaba daños en los estadoquistes, las estructuras responsables del sentido del equilibrio y la posición de los animales.

- **Zooplankton**

Existen pocos estudios sobre los efectos del ruido sísmico en el zooplankton. En el estudio realizado por el NOAA (2016) para la evaluación de las actividades sísmicas en el Océano Ártico se concluye en función de los antecedentes recopilados, que el zooplankton posiblemente reaccione a la onda de choque muy cerca de la fuente sísmica, pero se espera que los efectos sean locales.

A modo de síntesis, la tabla a continuación resume los principales antecedentes por grupo de especie receptora tenidos en cuenta preliminarmente para el establecimiento de las áreas de influencia del medio biótico.



Tabla 1. Resumen de distancias consideradas en los antecedentes para la definición de las áreas de influencia por grupo del medio biótico.

Grupo	Efecto	Alcance	Referencias
Mamíferos marinos	Directo / Impactos fisiológicos (impacto acústico)	300 - 3000 metros	MAGRAMA, 2012
	Indirecto / Impactos en el comportamiento	50 - 100 km (*)	NMFS, Nivel B
Tortugas marinas	1.000 metros (**)		
Peces (y pesquerías)	Directo / Letalidad de huevos y larvas	3 - 5 metros de distancia de la fuente	NOAA, 2016
	Indirecto / Impactos en el comportamiento	superior a 30 km	Dalen y Knutsen, 1986; Engås et al., 1996; Slotte et al., 2003, citados en Chicote et al., 2013
Invertebrados (comunidad planctónica, bentónica y cefalópodos)	Directo / Efectos letales y/o subletales en los invertebrados	a distancias de <5 metros de la fuente	DFO 2004, citado en NOAA, 2016
	Indirecto	-	
Aves	Directo / Lesiones/Mortalidad	<2 metros de la fuente	NOAA, 2016
	Indirecto	-	

Notas:

(*) el NMFS ha definido umbral acústico que estiman niveles de sonido en los que se podrían producir perturbaciones del comportamiento en los mamíferos marinos, definidos como "Nivel B" ("Level B Harassment –behavioral harassment"). Para los ruidos impulsivos este umbral acústico se estableció en 160 dB re 1 μ Pa rms. Si se considera la fuente involucrada en el proyecto de "Registro Sísmico Offshore 3D Área CAN 102", y se asume una pérdida de transmisión teórica intermedia entre la cilíndrica y esférica, se puede estimar que el umbral de 160 dB re 1 μ Pa-m (rms) se alcanzaría para el presente proyecto entre los 50 y 100 km de distancia a la fuente.

(**) Las publicaciones de datos provenientes de observación de tortugas marinas en relación con las prospecciones sísmicas también son escasos (Nelms et al., 2016). En Brasil la normativa del Instituto Brasileiro de Medio Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables (IBAMA) define una distancia mínima de 1.000 m entre la tortuga y el centro del arreglo sísmico para apagar la fuente de aire comprimido de manera temporaria. Este criterio ha sido incorporado también en la Res. 201/2021 que establece las medidas de mitigación y monitoreo para las actividades de prospección sísmica en nuestro país.

2.2.2 Derrames de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas

Por otro lado, como en la mayoría de los proyectos de esta naturaleza, existe, aunque baja, la probabilidad de que ocurra un evento accidental relacionado con el riesgo inherente a derrames de hidrocarburos u otras sustancias peligrosas. De producirse el impacto sobre el agua marina, se afectaría la calidad del agua y de los sedimentos, con consecuencias para la fauna acuática.

Estos riesgos son comunes a todas las operaciones de buques, y deben ser manejados a través de la adecuada planificación de estas actividades y de las medidas a ser aplicadas en caso de ocurrir contingencias.



En general, un derrame de hidrocarburos en los buques implica pequeñas cantidades. Los peligros asociados a los derrames de aceites y combustible durante el desarrollo del proyecto (que se consideran más plausibles) son:

- Fuga o derrame en la cubierta de pequeñas cantidades de aceite hidráulico o aceite lubricante en las cubiertas del buque sísmico y de las embarcaciones de apoyo (inferiores a 50 litros sobre la base de los análisis de frecuencia de fugas de la industria naviera). En este caso, la mayor parte del material derramado será contenido en las bandejas de recolección y dirigida a los tanques de sentina impidiendo su vertido al agua. Por otro lado, los contenedores utilizados en los buques para el almacenamiento de hidrocarburos (tambores de hasta 200 litros) siempre se utilizarán y almacenarán en zonas internas y/o cercadas en las que cualquier derrame o fuga quedaría totalmente contenida a bordo.
- Pérdida de MGO (gas oil marino -diesel-) durante las operaciones de reabastecimiento de combustible del buque sísmico, como resultado de una falla en la conexión de la manguera, - aunque una hipótesis más probable es una fuga por un pequeño orificio o una grieta en la manguera (producidos por abrasión o daños mecánicos) -. En el caso de que se produzca una pérdida de este tipo daría lugar a un brillo muy visible en la superficie del agua, lo que permitirá adoptar medidas para detener la fuga (por parte de los supervisores de la operación) antes de que se hayan derramado unos pocos litros.

La probabilidad de un gran derrame de combustible es remota. El tamaño de los derrames típicos de hidrocarburos notificados durante actividades de exploración similares se sitúa en el rango de los 50 litros (AECOM, 2018; ERM, 2019). La pérdida de todo el combustible del buque sísmico se considera particularmente improbable, ya que el mismo se almacena en una serie de tanques más pequeños con doble fondo y es improbable que el contenido de todos los tanques se pierda simultáneamente. Además, las válvulas que conectan los tanques de combustible se mantienen cerradas, minimizando la pérdida de combustible si uno de los tanques se rompe, en tanto que las fugas en los depósitos de almacenamiento se dirigen a los tanques de agua de sentina oleosa. Solo en raras ocasiones una colisión entre buques puede provocar la ruptura del tanque de combustible y el vertido del mismo al agua. El análisis de las estadísticas de accidentes en el transporte acuático realizado por la Asociación Internacional de Productores de Petróleo y Gas (OGP, 2010) muestra que las colisiones entre buques representan sólo el 12% del total de pérdidas de buques y que la probabilidad de que esto ocurra es extremadamente baja. Para que esto ocurra, la colisión debe tener la fuerza suficiente para penetrar en el casco del buque en el lugar donde se encuentra el tanque de combustible, lo cual es poco probable. Además, el casco del buque sísmico tiene doble revestimiento. En este sentido es dable destacar que es muy improbable que una colisión de ese tipo ocurra durante la prospección sísmica ya que el buque sísmico y las embarcaciones de apoyo tendrán que cumplir con los procedimientos generales de seguridad marítima y de navegación (uso de luces, balizas, contacto por radio, etc.), sumado a la zona de exclusión de navegación que se establece entorno al buque sísmico y el arreglo para su navegación segura (de hasta 4 km en el frente de la embarcación y a cada lado, y de hasta 12 km por detrás).



2.2.3 Delimitación del Área de influencia del Componente Biótico

En función de la exposición realizada se considera que para el componente biótico el alcance espacial de los potenciales efectos sobre los mamíferos marinos resulta abarcativo de los efectos sobre los otros factores (grupos receptores) del medio (ver resumen en Tabla 1). De este modo se establece un Área de Influencia Directa (AID) o área de impacto directo, que se asocia principalmente con la propagación acústica del ruido generado por la actividad, y cuya área de máxima incidencia se encuentra típicamente circunscripta a una distancia de entre 500 metros y 3 km del área de adquisición de datos sísmicos. En este sentido, el AID se define como un buffer de 3 km circundante al Área de Maniobras de CAN 102. De este modo, el AID comprende una distancia mínima desde el área de adquisición de datos sísmicos de 5 km. Por fuera de este polígono, pero también como parte del AID se considera el entorno adyacente al Puerto de Mar del Plata y a las rutas de navegación entre el mencionado puerto y las áreas de adquisición.

Circundante al Área de Influencia Directa (AID) se considera un área buffer de 100 km medida desde el área de adquisición de datos sísmicos que contempla el alcance de los potenciales efectos sobre los mamíferos que no están relacionadas con las lesiones, según los antecedentes expuestos anteriormente. Esta área conforma el área de influencia indirecta (AI). También circundante al área de influencia directa del Puerto de Mar del Plata y las rutas de navegación se considera un área de influencia indirecta.

En relación a los eventos accidentales relacionados con derrames de hidrocarburos o sustancias peligrosas, como se mencionó anteriormente, si bien de baja probabilidad de ocurrencia, la situación más probable sería la de la pérdida de combustible en las operaciones de recarga o trasvase de combustible. Estas operaciones tendrán lugar en el Puerto de Mar del Plata, establecido para servicios logísticos (donde el buque logístico se reabastecerá cada 2 o 3 semanas), y en el Área de Adquisición donde el buque sísmico será reabastecido. Evaluaciones ambientales y estudios de riesgo marítimos señalan que la extensión del área afectada por un derrame de combustible en operaciones de recarga, ya sea en áreas abiertas o en el puerto, se puede considerar como puntual o localizada (URS, 2014; SRL, 2017; ERM, 2016; PGS, 2018). Dado los pequeños volúmenes que se verían involucrados en caso de fugas de hidrocarburos en estas operaciones, y que las mismas se llevarán a cabo bajo protocolos de prevención y control en caso de que ocurran, no se espera que en caso de producirse un impacto de este tipo supere el área de influencia directa (AID) establecida para las mencionadas áreas.

Más allá de dichas áreas, la caracterización del componente biótico abarca un área de estudio a una escala general más amplia o “área de influencia regional” que comprende los ambientes - y sus relaciones funcionales – entorno al proyecto, y que engloba a todas las áreas de influencia definidas anteriormente. En esta escala se realiza una caracterización general con énfasis en el análisis de ambientes sensibles (Áreas Naturales Protegidas -ANP-, Áreas de Importancia para la Conservación de Aves -AICAs-, Áreas Marinas Propuestas, etc.).

La disposición geográfica de las mencionadas áreas de influencia para el componente biótico se presenta en la Figura 3 y en más detalle en la Figura 4.

2.3 **ÁREA DE INFLUENCIA DEL COMPONENTE FÍSICO**

Dada la naturaleza del proyecto, las variables físicas (geológicas y oceanográficas), no se verán afectadas por las acciones del proyecto, sino, por el contrario, algunas acciones del proyecto serán condicionadas y afectadas por dichas variables en el sitio de emplazamiento.



En este sentido, los subcomponentes del medio físico han sido descriptos a escala general con el objeto de ayudar a conocer el sistema en su conjunto, y se han caracterizando en detalle las variables específicas que condicionan aspectos del proyecto o de la evaluación, tales como los vientos, las corrientes, mareas y olas, la temperatura, salinidad y velocidad de propagación del sonido en el agua, la batimetría y los sedimentos del fondo marino.

2.4 ÁREA DE INFLUENCIA DEL COMPONENTE ANTRÓPICO

Como se mencionó anteriormente, el Área de Adquisición de datos sísmicos se ubica costa afuera a aproximadamente 270 km de distancia de la localidad costera más próxima en la provincia de Buenos Aires (Punta Médanos), más allá de las 12 millas del mar territorial, y a más de 310 km del Puerto de Mar del Plata.

Dada la naturaleza del proyecto no se prevén interacciones entre el proyecto y la franja costera territorial. Es dable mencionar que la exploración sísmica marina con técnicas modernas no produce pulsos significativos de ruido aéreo (Richardson et al., 1991). Por otro lado, el proyecto no requiere de la instalación de bases logísticas ni de infraestructura alguna para su desarrollo. El proyecto establece al Puerto de Mar del Plata como puerto de suministros o servicios logísticos. En dichos puertos las operaciones de los buques asociados al proyecto no difieren de las de cualquier otro buque que recala en los mismos.

En este sentido, se consideran potenciales interferencias del proyecto sobre el medio antrópico con respecto a las actividades pesqueras, las actividades de explotación de hidrocarburos costa afuera, el tránsito marítimo y la infraestructura que puedan existir en el espacio costa afuera. También asociado al proyecto podrán asociarse algunos beneficios en cuanto a las actividades económicas en relación a la demanda de servicios y de mano de obra locales.

Con excepción de las actividades pesqueras y económicas, se estima que para el resto de los factores antes mencionados las interferencias se limitan al área en que dichas actividades y las del proyecto se superponen. En este sentido se considera el espacio que involucra al Área de Maniobras que abarca el espacio que puede ser potencialmente impactado por la presencia física del buque sísmico y las embarcaciones de apoyo y el área inmediatamente circundante. En cuanto a las actividades económicas la demanda de servicios logísticos podrá tener alguna repercusión muy focalizada en relación a las prestaciones que brinde el puerto de servicios logísticos (Puerto de Mar del Plata) y posiblemente en algunas otras localizaciones en relación a otros suministros / servicios, pero en todo caso resultarían aspectos dispersos de escasa relevancia, que no incidirán sobre las economías locales. Lo mismo se puede mencionar en cuanto a la demanda de mano de obra, dado que el proyecto demanda en general personal con calificaciones específicas.

En cuanto a las actividades de pesca, desde el punto de la afectación de las especies de interés comercial se remite a lo expuesto en el Punto 2.2 en relación a las pesquerías, por lo que este impacto de carácter indirecto (dado que el efecto potencial se da sobre las especies de interés comercial, e indirectamente sobre las actividades de pesca), se estima podría circunscribirse al entorno de los 50 km desde el área de adquisición de datos sísmicos de manera de abarcar ampliamente los potenciales efectos del proyecto sobre esta actividad. En cuanto a la interferencia del desplazamiento de las embarcaciones pesqueras, el impacto se limita al entorno cercano definido anteriormente para el resto de las embarcaciones.



El Área de Influencia Directa (AID) del componente antrópico se define entonces por un área circundante de 3 km al Área de Maniobras que involucra el espacio que puede ser potencialmente impactado por la presencia del buque sísmico y las embarcaciones de apoyo. De este modo, el AID comprende una distancia mínima desde el Área de Adquisición de 5 km. El Área de Influencia Indirecta (AII) queda delimitado por un buffer de 50 km de distancia respecto del Área de Adquisición. Dado que las operaciones logísticas en el puerto no difieren de las de cualquier otro buque que recala en el mismo, el impacto de estas actividades no excederá el área operativa en el ámbito portuario del Puerto de Mar del Plata. Como área de influencia del Puerto de Mar del Plata se establece un Área de Influencia Directa (AID) de 5 km entorno al mismo abarcando el hinterland portuario, contenido en un Área de Influencia Indirecta (AII) de mayor extensión (15 km).

Más allá de dichas áreas, la caracterización del componente antrópico comprende un área de estudio a una escala general más amplia y regional asociada a la identificación de los actores o partes interesadas en el proyecto.

La disposición geográfica de las mencionadas áreas de influencia para el componente antrópico se presenta en la Figura 3 y en más detalle en la Figura 5.

En la tabla a continuación se resumen las dimensiones de las áreas de influencia definidas.

Tabla 2. Dimensiones de las áreas de influencia definidas

	Área de adquisición CAN 102	Ruta de navegación	Puerto apoyo
Área de Maniobras y Área operativa (AO)	Desde Áreas de adquisición, buffer +2km (mínimo) y +20km (máximo)	Ruta de navegación	Puerto de Mar del Plata
Área de influencia directa (AID)	Desde Área de Maniobras, buffer +3km	Desde AO, buffer +5km	Desde AO, buffer +5km
Área de influencia indirecta (AII)	Medio biótico - Desde Área de adquisición, buffer +100km	Desde AO, buffer +15km	Desde AO, buffer +15km
	Medio antrópico - Desde Área de adquisición, buffer +50km		



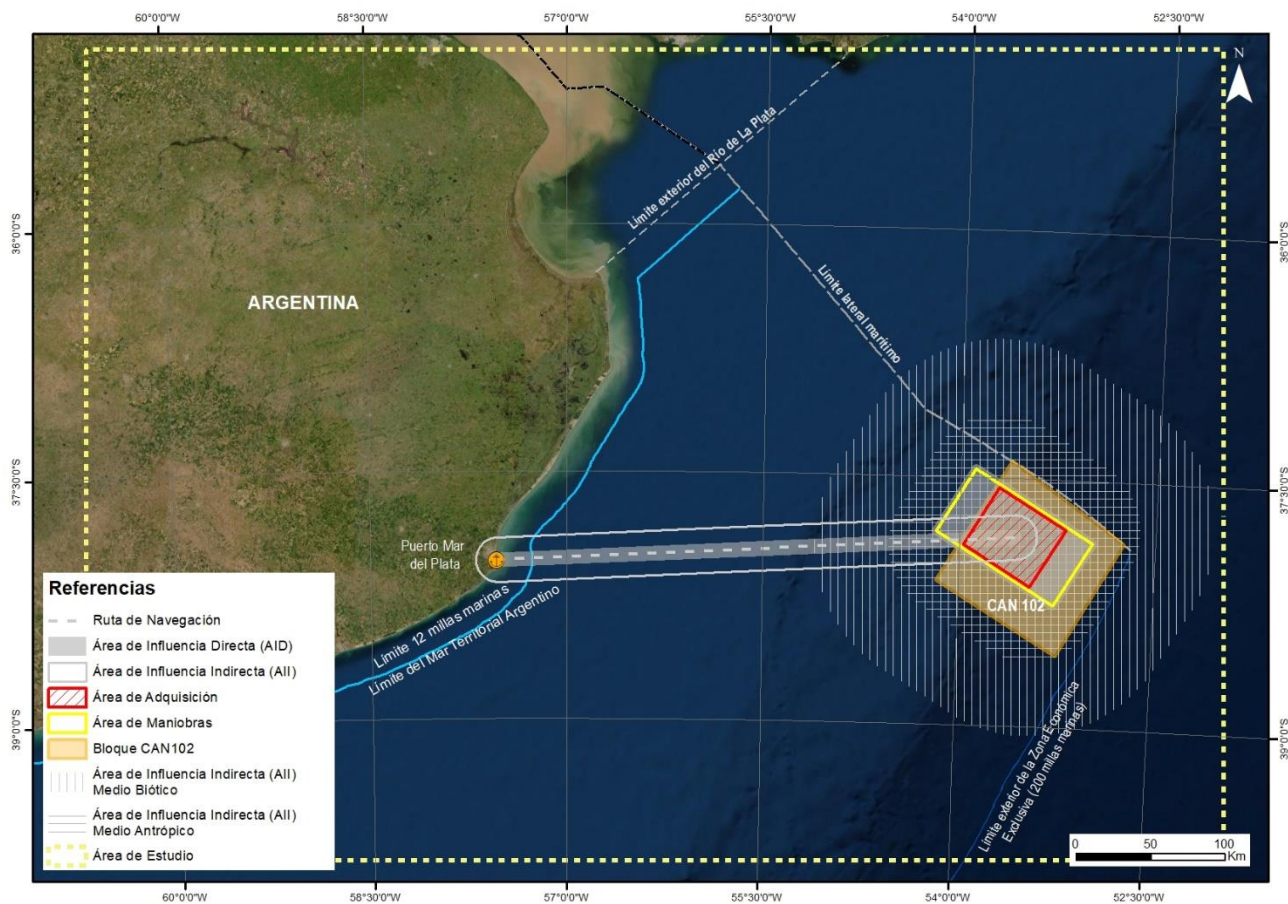


Figura 3. Área de estudio y áreas de influencias del proyecto.



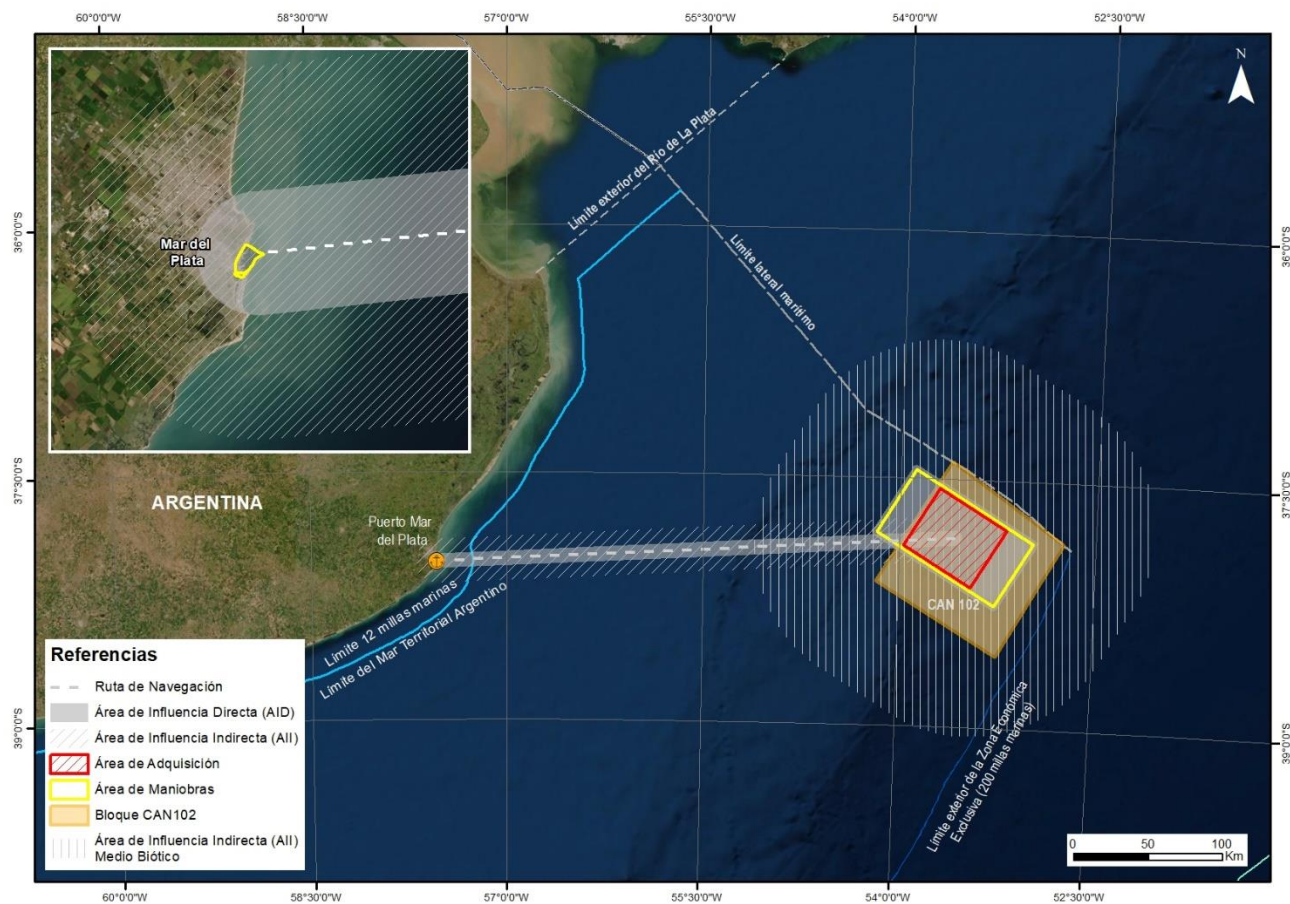


Figura 4. Detalle del Área de Influencia del Componente Biótico.

[Firma manuscrita]

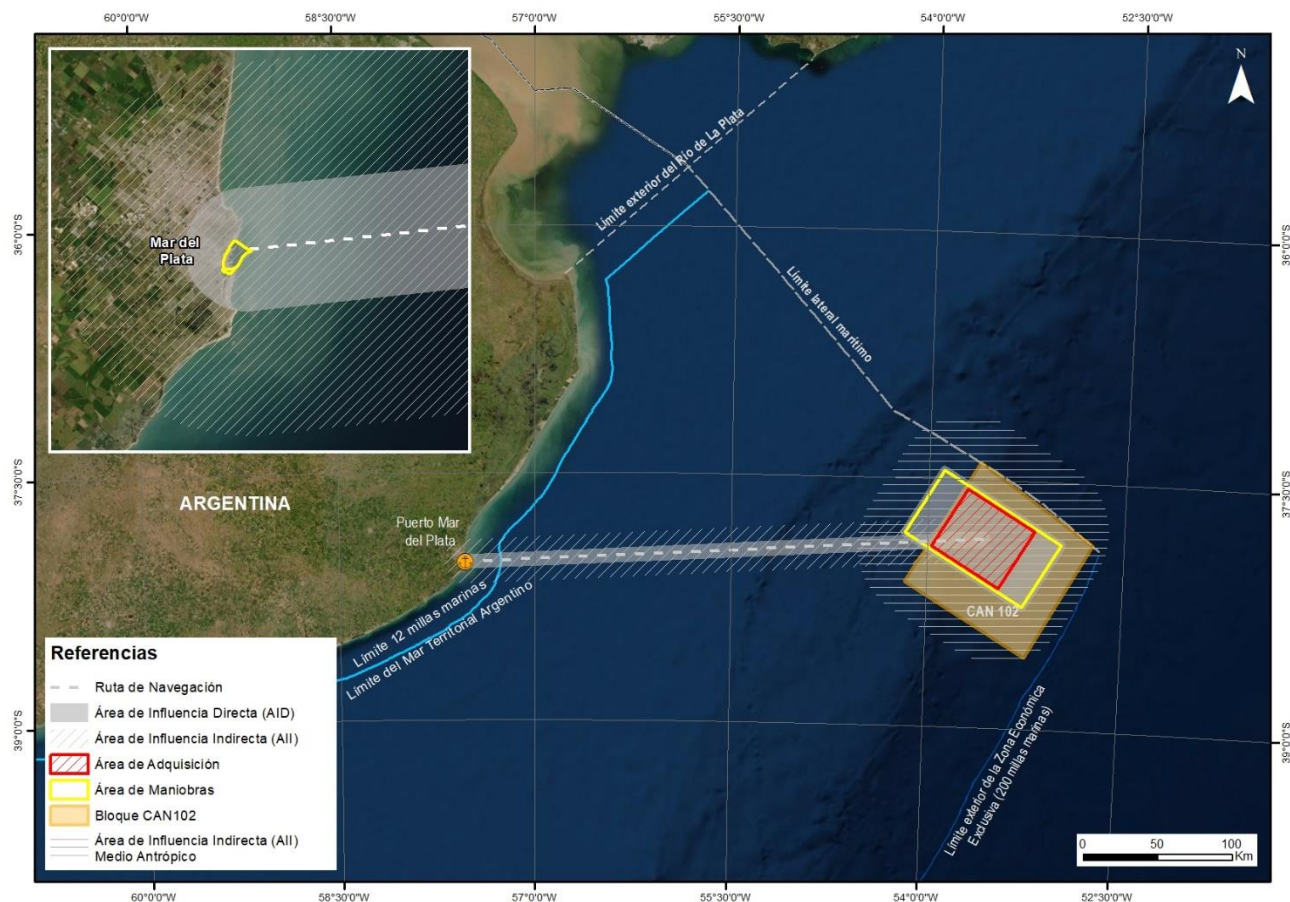


Figura 5. Detalle del Área de Influencia del Componente Antrópico.

3 MEDIO FÍSICO

3.1 GEOLOGÍA

3.1.1 Contexto estructural, geomorfológico y geosedimentario

La corteza terrestre se divide en dos grandes tipos, la corteza continental y la corteza oceánica. La mayor parte de la corteza continental está sobre el nivel del mar, pero otra parte está sumergida en los océanos. A esta zona de transición entre los continentes y las cuencas oceánicas se le conoce como margen continental y, aunque comparte las características geológicas de los primeros, ha sido profundamente modelada por los procesos marinos.



En el margen continental se pueden distinguir tres áreas principales:

- Plataforma continental: zona bajo el nivel del mar que va descendiendo de forma suave hasta una profundidad que suele alcanzar los 200 metros.
- Talud continental: zona con una inclinación muy pronunciada y fuerte descenso que puede llegar hasta 3.000-4.000 metros de profundidad.
- Zona de transición: la zona de transición entre la corteza continental y la corteza oceánica se sitúa entre el talud y las llanuras abisales y puede ser de dos tipos: una fosa muy profunda, llamada fosa oceánica, o una zona de acumulación de sedimentos denominada emersión continental o elevación continental. La fosa se forma en los márgenes continentales activos (con subducción de placas tectónicas) y la emersión continental en los márgenes continentales pasivos (sin subducción).

El margen continental argentino (MCA) está situado mayoritariamente en la placa Sudamericana asociada a la extensión cortical vinculada a la apertura del océano Atlántico a partir del Jurásico Medio, en un contexto geotectónico dominado por un margen continental pasivo, aunque en su porción más austral se asocia a sectores de márgenes activos (Violante et al., 2014).

Una de las etapas más importantes que incidieron en la evolución del margen fue la transgresión marina global que inundó regiones de la actual Patagonia en el Maastrichtiano (70-65 Ma), la cual dio lugar a la primera plataforma continental de esta porción de la placa Sudamericana (Malumián 1999, Náñez y Malumián, 2008). La profundización de ese mar y consecuente mayor circulación de las aguas a partir del Oligoceno (30-32 Ma), cuando se abrió definitivamente el pasaje de Drake entre Sudamérica y Antártida y se instaló la Corriente Circumpolar Antártica, llevaron a la instalación de condiciones oceanográficas de mar abierto.

Después de estos eventos mayores, la evolución del margen continental argentino pasó a ser dominada más por factores climático-oceanográficos que tectónicos, comenzando así a imprimirse los rasgos morfosedimentarios definitivos que, en el caso de la plataforma se vieron substancialmente influenciados por los procesos glacioeustáticos propios del Cuaternario (Violante et al., 2014).

El margen continental argentino es de gran extensión y en él se desarrollan una extensa plataforma (cubre una superficie de ~960.000 km²), el talud, la emersión continental y numerosos sistemas de cañones submarinos. Si se compara esta región con los 2,7 millones km² de superficie de la "Argentina continental" surge la magnitud del enorme territorio que se extiende más allá de la línea de costa (Violante et al, s/f).

Tomando como referencia el pie del talud, el margen continental argentino se extiende por más de 3 millones de km², los que incluyen aproximadamente 1 millón de km² por encima de la isobata de 200 m (ENARSA, s/f).

En el talud continental se destacan terrazas submarinas, cañones y valles submarinos, fosas y canales contorníticos, depósitos contorníticos y turbidíticos, diferentes tipos de *drifts* y depósitos de llanura abisal, que representan las geoformas erosivas y de acumulación que moldean principalmente el talud (aunque también la emersión continental) y marcan en muchos casos el alcance más oriental de los depósitos de origen terrígeno que son llevados hacia las cuencas marinas (Hernández-Molina et al., 2009; COPLA, 2017).



Cabe destacar que en este documento se adopta el término 'plataforma' o 'plataforma continental' *sensu estricto* en su concepto geomorfológico, no jurídico³.

En la Figura 6 se presenta un esquema básico de la plataforma continental jurídica y su relación con el margen continental (cuando supera las 200 M desde las líneas de base desde las cuales se mide el mar territorial).

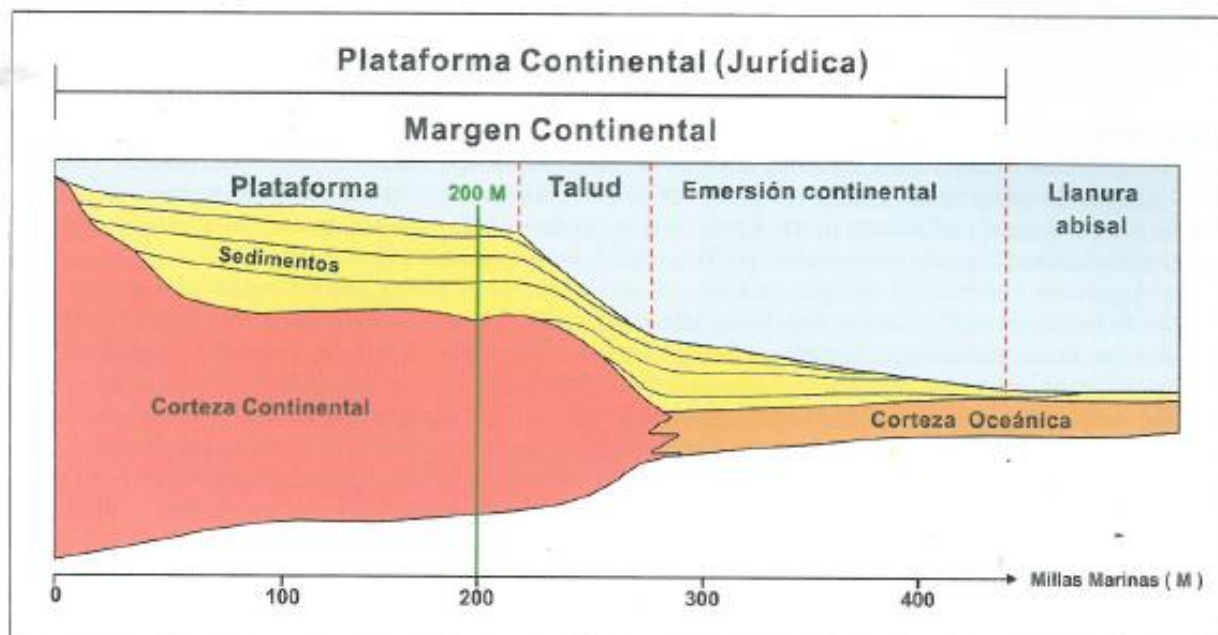


Figura 6. Esquema básico de la plataforma continental jurídica y su relación con el margen continental (cuando supera las 200 M desde las líneas de base desde las cuales se mide el mar territorial). Fuente: COPLA, 2017.

3.1.2 Batimetría y lecho marino

La Plataforma Continental Argentina se extiende a lo largo de unos 2.400 km entre el Río de la Plata y el cabo de Hornos, aunque la línea de costa que la margina tiene una longitud de unos 5.300 km si se consideran sus irregularidades mayores. Su ancho es variable entre 170 y ~1.200 km. El borde interior (hacia el continente) está marcado por un frente de costa de fuerte pendiente cuya base llega hasta los -10/20 m en el litoral bonaerense y va incrementando su profundidad hacia el sur. El borde exterior, que marca la transición hacia el talud, sigue un rumbo NE-SO entre 36°S (Río de la Plata) y 44°S, a partir de donde cambia gradualmente a N-S para, a los 50°S, dirigirse hacia el este rodeando las islas Malvinas y volver a acercarse al continente frente al estrecho de Magallanes.

La profundidad del borde exterior (Figura 7) también es variable con una tendencia regional de profundización de norte a sur y con características cambiantes, ya que en el área adyacente a la región pampeana su perfil es convexo (mayor pendiente regional hacia la plataforma exterior) mientras que en la región adyacente a la Patagonia es cóncavo (mayor pendiente regional hacia el lado del continente) (Violante et al., 2014).

³ El límite exterior de la plataforma continental jurídica argentina corresponde al presentado ante la Comisión de Límites de la Plataforma Continental (CLPC) -órgano científico integrado por 21 expertos internacionales y creado por la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR). El límite fue aceptado por Consenso (sin votos en contra) por dicha Comisión el 16 de marzo de 2016.

La variabilidad en la profundidad del borde exterior de la plataforma es uno de los aspectos más interesantes de la configuración morfológica regional. Southard y Stanley (1976) y Pratson et al. (2007), entre otros, sintetizaron la complejidad de las variables que intervienen en el modelado de ese rasgo, entre las que se cuentan procesos estructurales, isostáticos, eustáticos, oceanográficos, la dinámica sedimentaria continental, litoral y marina profunda, y aún procesos biológicos, todos ellos actuando de manera diferencial durante etapas de posiciones variables del nivel del mar.

Si bien la plataforma está constituida por una superficie regular, se manifiestan desniveles representados por una sucesión de superficies subhorizontales (terrazas) a diferentes profundidades (30-70 m, 80-100 m, 110-120 m y 130-150 m) separadas por escalones de fuerte pendiente.

En el talud se desarrollan numerosos sistemas de cañones submarinos, destacándose el sistema Alte. Brown-Ameghino (entre Golfo San Jorge y Península Valdés) y el sistema Río de la Plata (frente al litoral del este bonaerense al norte de Mar del Plata). El cañón submarino Mar del Plata es un rasgo distintivo; comienza en el talud aproximadamente a los 500 m de profundidad y adquiere una típica configuración de valle en V entre los 1.200 y 3.700 m (Violante et al., 2010, 2014).

A diferencia del talud, que es una formación tectónica, la emersión continental es una formación sedimentaria. En la zona de estudio, la emersión continental se caracteriza por una suave pendiente y escaso relieve. Se desarrolla a partir de aproximadamente los 3.500 m de profundidad y se conecta con la llanura abisal a los 5.000-5.200 m, estando atravesada por cañones y valles submarinos.

Los cañones submarinos son rasgos significativos presentes en el talud, representan geoformas erosivas que lo modelan y marcan en muchos casos el alcance más oriental de los depósitos de origen terrígeno que son llevados hacia las cuencas marinas. Han sido la vía principal del trasvase sedimentario hacia la llanura abisal, alcanzando su mayor desarrollo a profundidades de entre 2.000 m y 4.000 m (Hernández-Molina et al., 2009; COPLA, 2017).



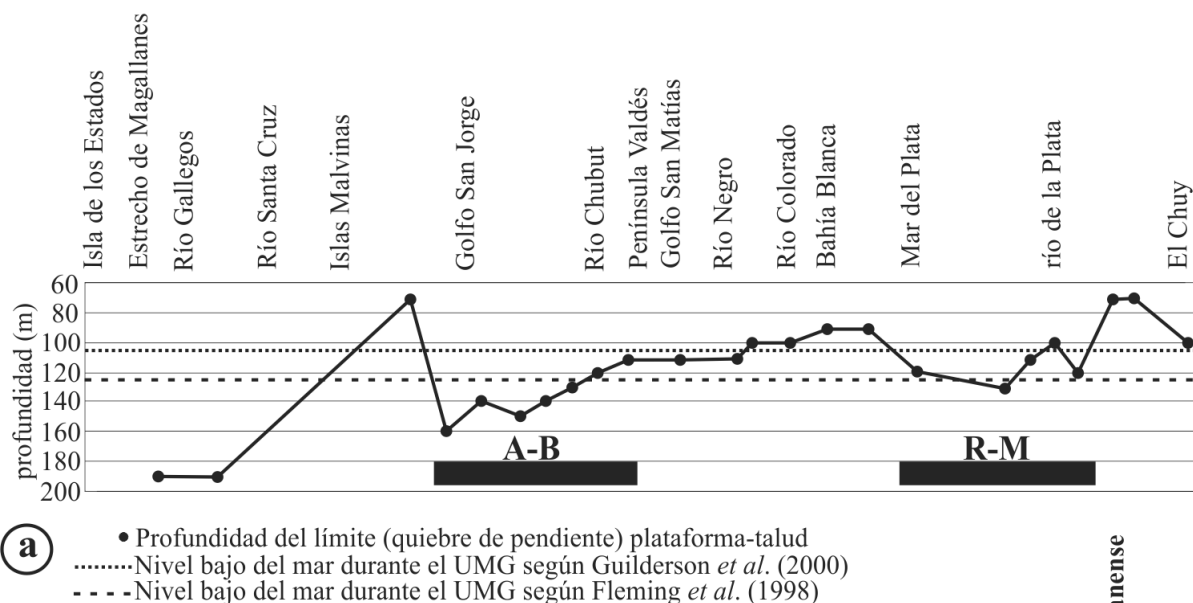


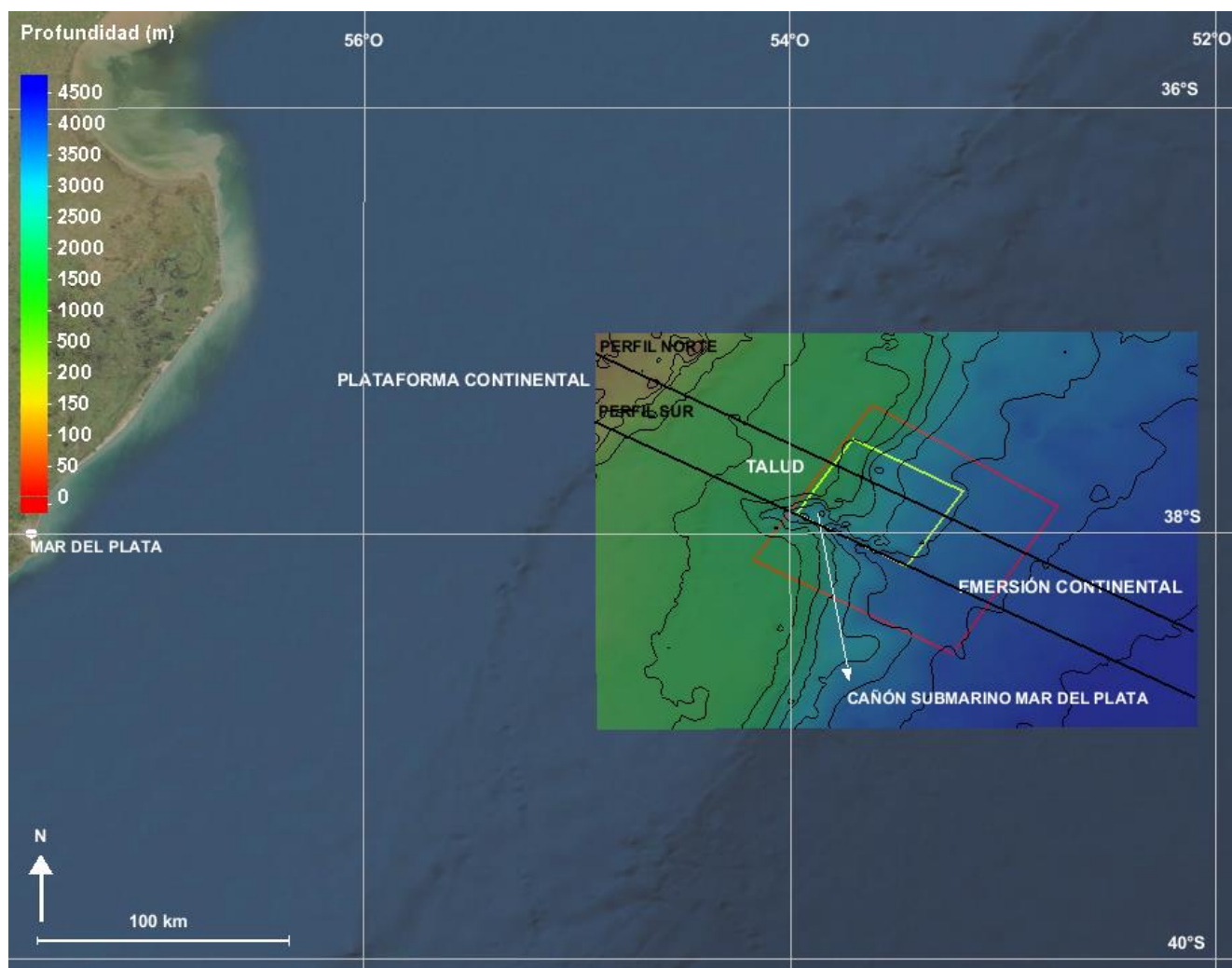
Figura 7. Perfil Sur-Norte a lo largo del quiebre de pendiente plataforma exterior-talud. R-M y A-B: zona influenciada por la actividad de los sistemas de cañones submarinos Río de la Plata-Mar del Plata y Ameghino-Alte. Brown respectivamente (para su ubicación ver Figura 13). Fuente: Violante et al., 2014.

La batimetría del lecho en la zona de estudio, obtenida de la base global de datos GEBCO “The General Bathymetric Chart of the Oceans”, se presenta en la Figura 8. En la misma se señalan el Bloque CAN 102 y la correspondiente Área de Adquisición. Esta última se sitúa sobre el talud medio e inferior y el comienzo de la emersión continental, coincidiendo su límite sur (alineación aproximada ONO-ESE) con la posición del eje del cañón submarino Mar del Plata. Las profundidades del Área de Adquisición oscilan entre los 1.300 m y 3.700 m.

A partir de la mencionada base de datos GEBCO se confeccionaron dos perfiles batimétricos correspondientes al Área de Adquisición, uno de ellos a lo largo del cañón submarino Mar del Plata (ver ubicación en Figura 8).

La Figura 9 muestra dichos perfiles, incluyéndose también la pendiente del lecho marino.





**Figura 8. Batimetría de la zona de estudio. En color rojo se indica el Bloque CAN 102 y en color amarillo el Área de Adquisición. Se señala, también, la ubicación de dos perfiles batimétricos. Fuente: base global de datos GEBCO “The General Bathymetric Chart of the Oceans”:
https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/**



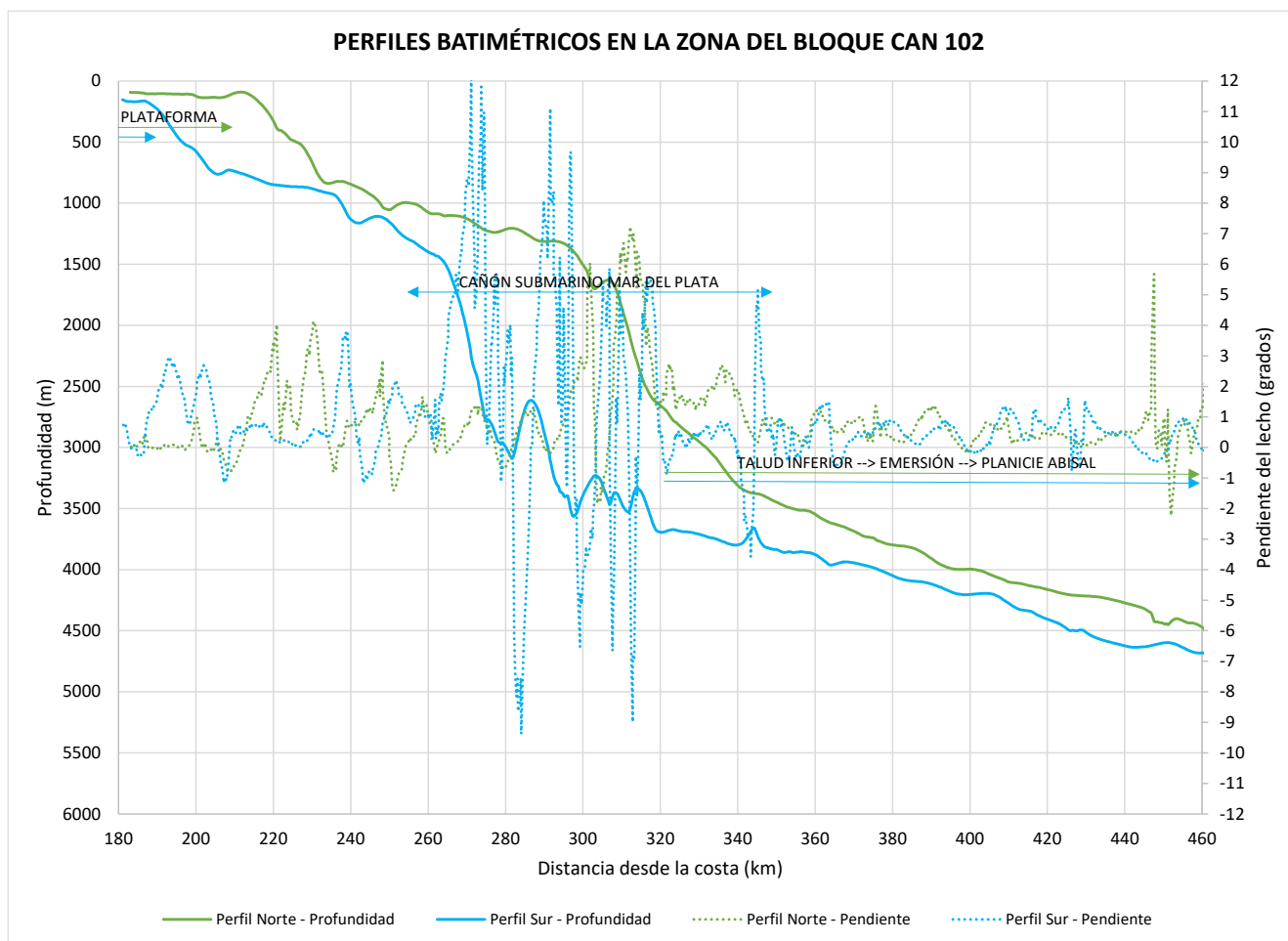


Figura 9. Perfiles batimétricos (y sus pendientes) que atraviesan el Área de Adquisición correspondiente al Bloque CAN 102. Ver ubicación en Figura 8.

3.1.3 Estructura

En su mayor parte, las cuencas costa afuera de Argentina son manifestaciones de procesos extensivos de retro-arco del Triásico tardío/Jurásico temprano con una posterior respuesta de *rifting* en el Mesozoico superior relacionado con la ruptura del Gondwana. Luego, a lo largo del resto del Terciario, la región desarrolló características de margen pasivo, excepto en el extremo sur, donde se observa una faja plegada debido a la interacción de las Placas Sudamericana, Scotia y Antártica, durante el Cretácico superior y el Terciario.

La extensión del estadio de *rift*, asociada con la fase de separación temprana del Gondwana, contribuye a que las cuencas costa afuera de Argentina generalmente se dispongan perpendiculares a la costa debido a la naturaleza rotacional de la separación de la placa Sudamericana de la Africana al sur del Walvis / Río Grande Ridge. Al norte de éste las cuencas se disponen paralelas a la costa (ENARSA, s/f).

Las cuencas reconocidas en el margen continental argentino (de norte a sur) son las de: Salado, Colorado, Rawson, Golfo de San Jorge, San Julián, Austral y Malvinas y sus extensiones en el talud continental (Figura 10). La arquitectura de la cuenca del Salado (zona de exploración sísmica del proyecto) se muestra en la Figura 11.



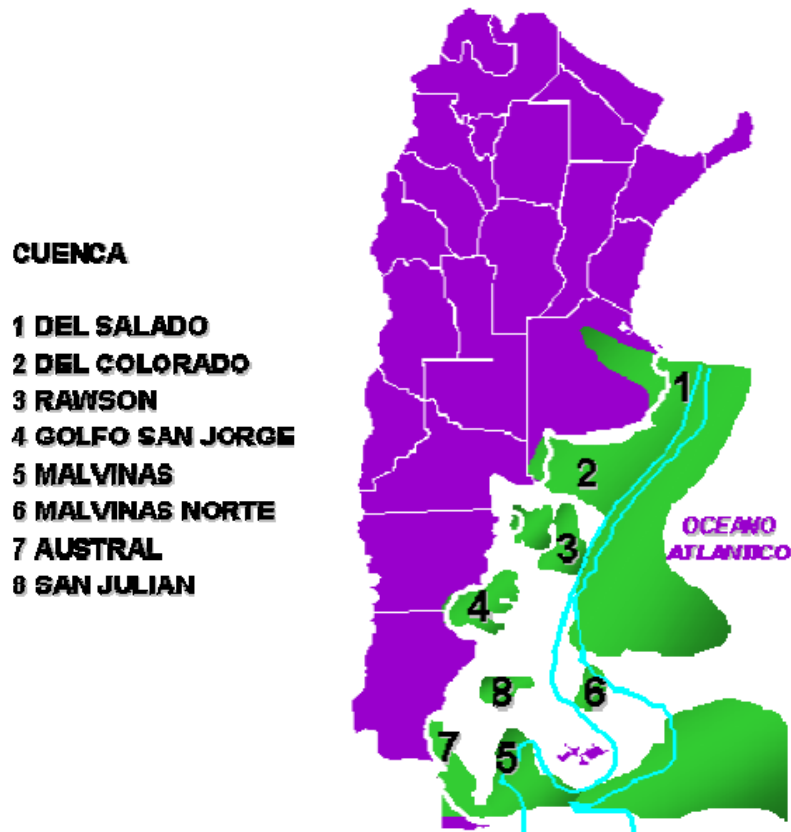


Figura 10. Principales cuencas sedimentarias del margen continental argentino. Fuente: ENARSA (s/f).

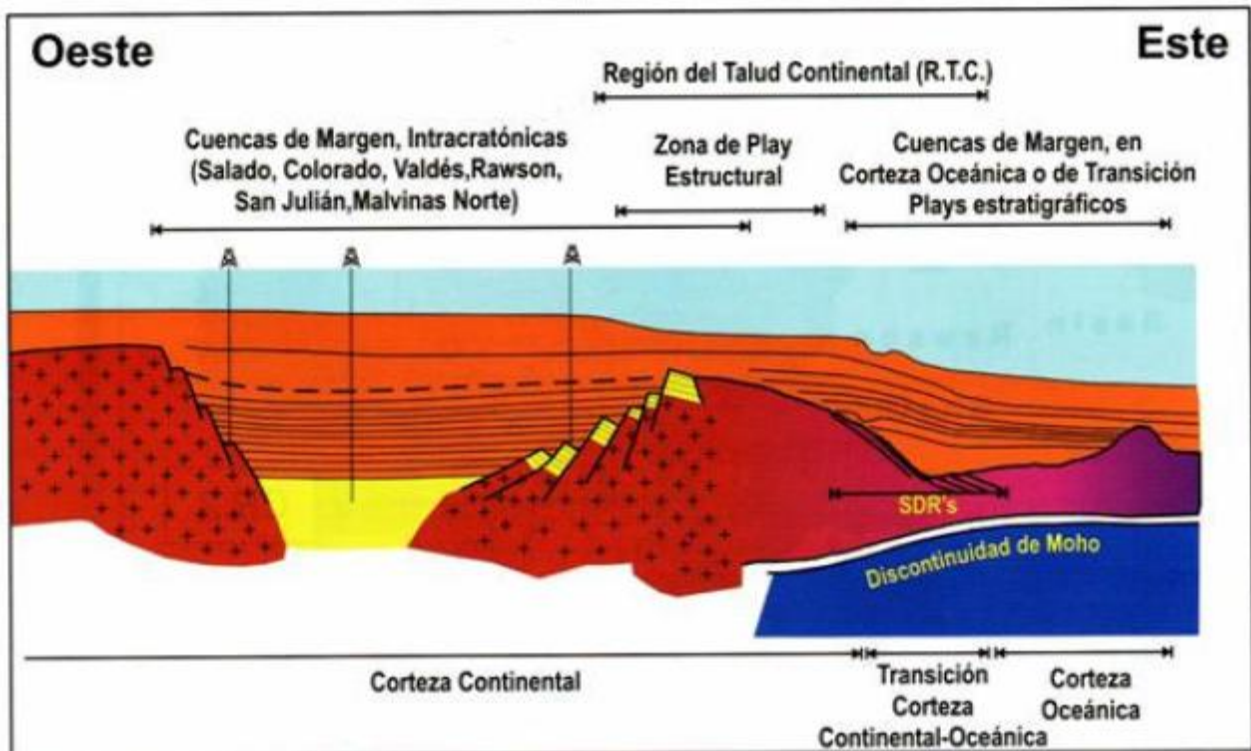


Figura 11. Arquitectura de las principales cuencas sedimentarias del margen continental argentino. Fuente: ENARSA (s/f).

[Handwritten signature]

El Walvis / Río Grande Ridge, a medida que Sudamérica se mueve hacia el oeste con respecto a África, separa al Atlántico Sur en dos partes. La apertura hacia el norte es pequeña y angosta, mientras que hacia el sur es más amplia. Esto explica el desarrollo de espesos mantos salinos al norte de Walvis / Río Grande y su ausencia al sur.

En síntesis, los procesos extensionales de las cuencas costa afuera de Argentina están relacionados con la partición del Gondwana. Así, no obstante la gran variedad de nombres para formaciones geológicas equivalentes y diferentes estilos estructurales observables en cuencas separadas, lo concreto es que el modelo tectono/estratigráfico es básicamente común, con sus particularidades. Solamente al llegar al extremo sur de la placa Sudamericana se desarrollaron procesos sedimentarios diferentes en lo que hoy son las cuencas Austral y Malvinas. En general la carta tectono/estratigráfica de las cuencas costa afuera incluye una fase de Pre-Rift, que corresponde a rocas del Precámbrico y/o del Paleozoico, una fase de *Rift* continental del Neocomiano al Aptiano y una fase de Drift o Deriva del Cretácico superior y Terciario.

La fase de *Rift* da origen a un mosaico de fallas maestras E-W en ocasiones interrumpidas por fallas antitéticas, creando una red de *half grabens* con algunos altos internos. Los estilos tectónicos resultantes pueden ser divididos en aquellos en los que el Basamento está involucrado (Fases de Rift) y en los no vinculados al Basamento (Fases de Drift).

Las áreas de sedimentación de estas cuencas están limitadas por rasgos estructurales mayores. En general, los depocentros de los rifts se localizan en áreas de plataforma, particularmente al norte de la línea Islas Malvinas/San Julián.

Las cuencas sedimentarias identificadas tienen continuidad en el continente, a excepción de las de Rawson, San Julián y Malvinas, que se desarrollan por completo bajo el Océano Atlántico.

El margen continental argentino en la zona de estudio es del tipo pasivo volcánico, el cual se extiende desde el límite con Uruguay hasta aproximadamente los 48°S (COPLA, 2017).

La arquitectura típica de este margen se presenta en la Figura 12. Presenta una cobertura sedimentaria de superficie y subsuelo que se extiende formando la emersión continental, rasgo morfológico característico de los márgenes pasivos.

En este tipo de márgenes se presenta una potente cuña volcánica que se expresa, en los perfiles sísmicos, por la presencia de reflectores convexos buzantes hacia el mar denominados *Seaward Deeping Reflectors* (SDRs) (COPLA, 2017).



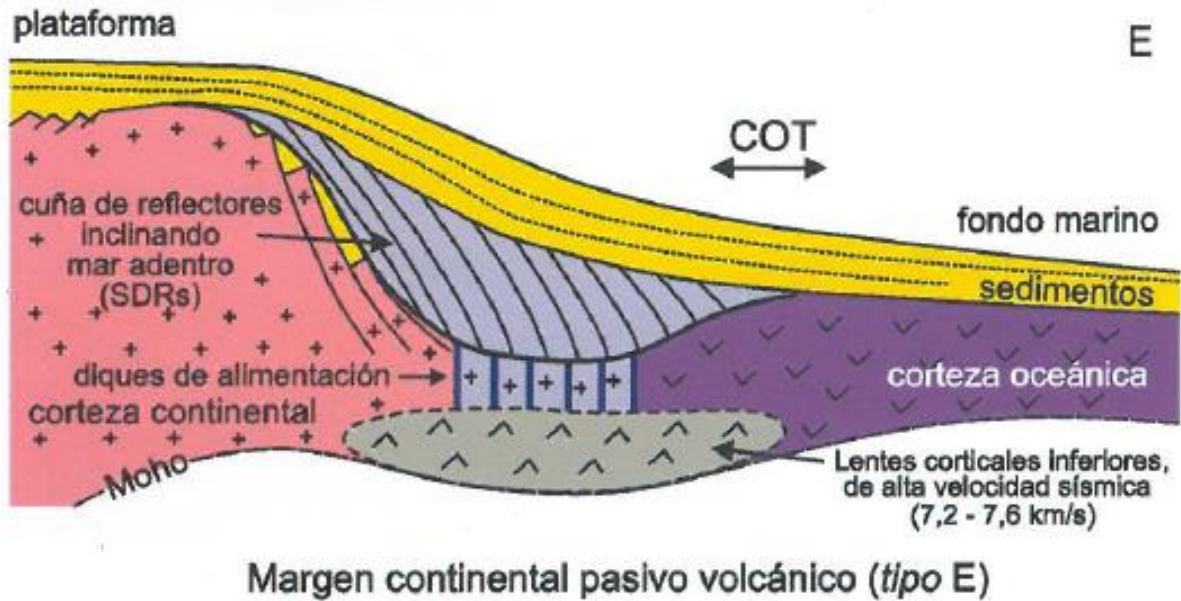


Figura 12. Arquitectura típica (corte geológico regional oeste-este) del margen pasivo volcánico. COT: zona de transición corteza continental-oceánica. Fuente: COPLA; 2017.

3.1.4 Factores que condicionaron el modelado y sedimentación en el margen continental argentino

La configuración morfosedimentaria del Margen Continental Argentino (MCA) resultó de dos aspectos principales: en primer lugar, la herencia geotectónica dominada por los factores endógenos involucrados en la estructura y evolución del margen, entre los cuales parecen haber sido relevantes los procesos de flexohundimiento y, en segundo lugar, los factores externos condicionados por el clima y los procesos oceanográficos, los cuales fueron haciéndose con el tiempo más importantes que los endógenos pasando a ser dominantes en el Cenozoico y manifestándose fundamentalmente con las fluctuaciones glacioeustáticas del Cuaternario.

De esta manera, los rasgos morfosedimentarios de la Plataforma Continental Argentina fueron adquiridos como resultado de la interacción de diversos factores como las fluctuaciones del nivel del mar, isostasia, clima, procesos oceanográficos, dinámica sedimentaria y morfología y composición del substrato pre-transgresivo, siendo el proceso condicionante más relevante la transgresión postglacial, responsable de la configuración final de la plataforma, sus terrazas y su cobertura sedimentaria (Violante et al., 2014).

La historia geológica de la plataforma es más compleja que la de las regiones costeras; su extensión y escaso relieve han favorecido un profundo efecto modelador producto de las sucesivas transgresiones y regresiones marinas del Cuaternario, que le imprimieron variados rasgos morfosedimentarios (Violante et al., 2014).

El descenso del nivel del mar durante la última época glacial (ocurrida hace 18.000 años) hizo que las aguas marinas retrocedieran hasta profundidades de unos 120 metros por debajo del nivel actual, de tal manera que la plataforma entera quedó expuesta a condiciones subaéreas, pudiéndose encontrar actualmente en su subsuelo restos de antiguas áreas continentales, relictos de redes fluviales, playas y suelos. El posterior ascenso intermitente del mar resultó en la conformación de terrazas marinas escalonadas, a diferentes profundidades, que forman el lecho de la plataforma y están constituidas por sedimentos pertenecientes a las primitivas playas hoy sumergidas (Violante et al., 2014). Las interrupciones en la velocidad de ascenso del nivel del mar, con la consiguiente estabilización de la línea de costa por tiempos relativamente prolongados, permitieron el modelado de una superficie erosiva que conforma la base de cada terraza (Parker et al., 1997; Violante, 2005; Perillo y Kostadinoff, 2005; Ponce et al., 2011).

En el talud continental, debido a sus profundidades por debajo de los 120 metros, las variaciones del nivel del mar no tuvieron un efecto directo. Sin embargo, los cambios climáticos se manifestaron allí a través de variaciones en la circulación de las corrientes oceánicas. Estas corrientes son significativos procesos que influyen en la dinámica sedimentaria y el modelado de la topografía submarina y han dejado una fuerte impronta en los ambientes que estuvieron permanentemente sumergidos. El Margen Continental Argentino (MCA) está dominado, en sus regiones profundas, por corrientes de origen antártico que circulan de sur a norte a diferentes profundidades, siguiendo las isobatas (corrientes de contorno). La consecuencia de esa dinámica oceánica fue un transporte de sedimentos que conformó grandes secuencias sedimentarias a lo largo del margen, desarrollando depósitos denominados "contorníticos", que se manifiestan como acumulaciones en superficies aterrazadas (Violante et al., 2014).

Paralelamente, las altas pendientes del talud favorecieron la acción de procesos gravitacionales manifestados a través de corrientes densas de sedimentos (corrientes de turbidez) que se deslizan sobre las mismas, cavando cañones submarinos y produciendo depósitos turbidíticos y deslizamientos submarinos. Estos procesos son más complejos en el margen bonaerense, donde las corrientes que circulan de sur a norte interactúan con otras en sentido contrario, formando la Zona de Confluencia. De esta manera, el talud bonaerense está formado por alternancia de sedimentos formados tanto por procesos longitudinales como transversales, dominando estos últimos en las cercanías de los cañones submarinos (Violante et al., 2014).

En la Figura 13 y en la Figura 14 se presentan los principales rasgos geomorfológicos con la ubicación de las distintas terrazas y los sistemas mayores de cañones submarinos.



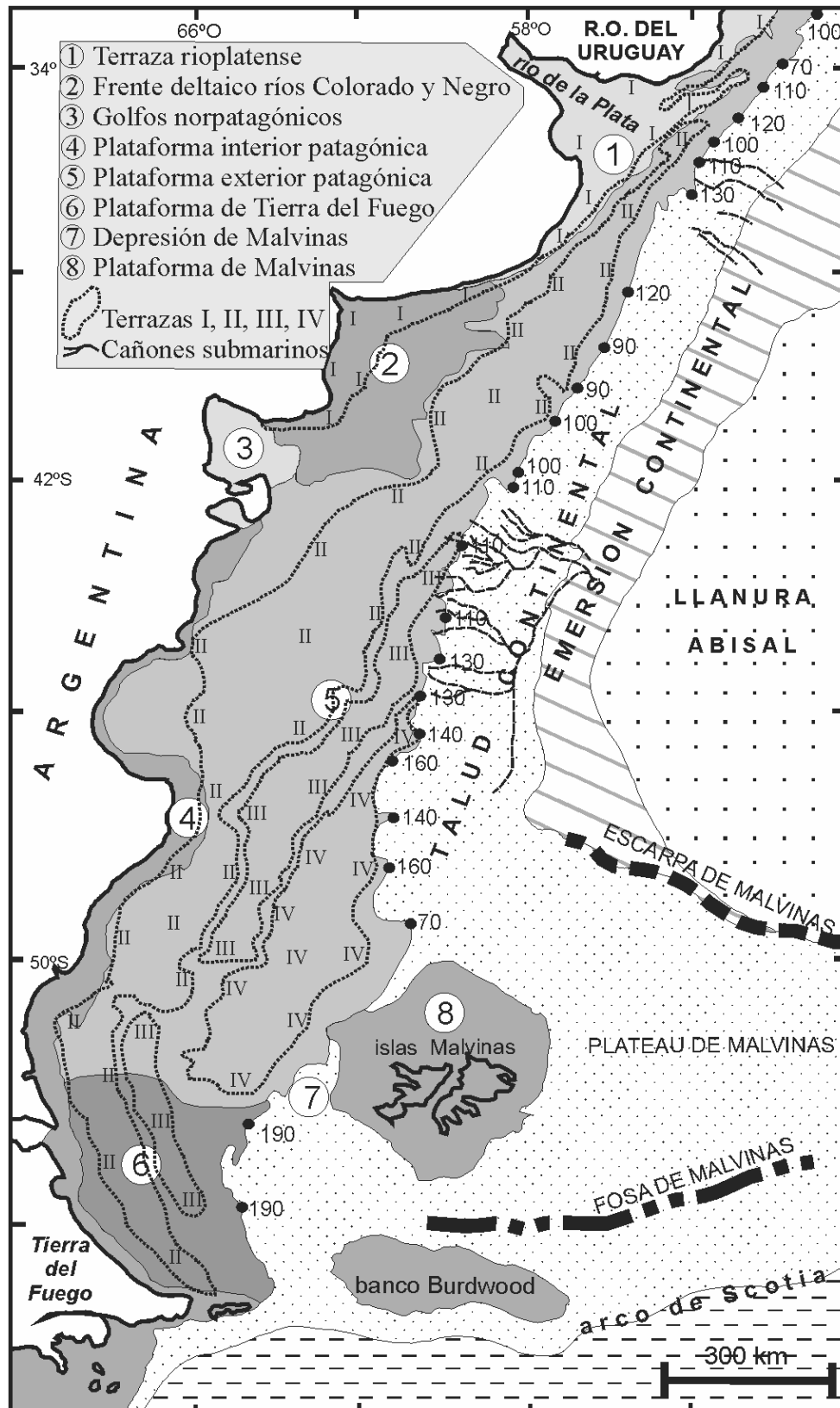


Figura 13. Mapa geomorfológico con indicación de las profundidades del quiebre de pendiente plataforma exterior-talud (puntos negros). Nótese en el talud la ubicación de los sistemas mayores de cañones submarinos. Fuente: Violante et al., 2014 (modificado de Parker et al., 1996).

[Firma manuscrita]



Figura 14. Unidades fisiográficas del margen continental en la zona de estudio. SCS: sistema de cañones submarinos. Línea verde: 200 M. En color rojo se indica el Bloque CAN 102. Fuente: Modificado de COPLA, 2017.

Una característica significativa es que las terrazas más antiguas y profundas tienen su mayor desarrollo en el sur y van perdiendo significación morfológica hacia el norte, mientras que por el contrario la terraza I muestra su mayor expresión al norte. Esto estaría relacionado, por un lado, con la influencia sobre la terraza I de aportes fluviales y alta dinámica sedimentaria a través de los ríos de la Plata, Colorado y Negro, los cuales desarrollaron grandes sistemas deltaicos que sin duda deben haber aportado a la configuración morfosedimentaria de la terraza. Por otra parte, debe considerarse el efecto erosivo en la transición plataforma-talud en la región norte, mucho más asociado a procesos turbidíticos y dinámica de cañones submarinos con posible erosión retrocedente y destrucción de las terrazas marinas más profundas. En la región sur los procesos dominantes en el talud son longitudinales (Hernández Molina et al., 2009) y no parecen afectar mayormente a la plataforma exterior.

[Firma manuscrita]

Variabilidad paleoclimática desde el último máximo glacial

Los factores paleoclimáticos globales fueron esenciales en la evolución del extremo sur de Sudamérica durante las épocas glaciales y postglaciales, sumados a la influencia de factores regionales y locales tales como: a) las condiciones atmosféricas y consecuentes patrones de vientos impuestos por la variabilidad entre los anticiclones del Pacífico Sur y del Atlántico Sur; b) la cercanía de las masas de hielo antártico y los hielos continentales de los Andes del sur y su transformación en volúmenes de agua oceánica después de su derretimiento; c) la relación variable entre la superficie de tierras emergidas y sumergidas a través del ciclo glacial-postglacial, que llevó no solamente a una duplicación del continente durante el Último Máximo Glacial al quedar emergida la actual plataforma y su progresiva reducción a la mitad de su extensión original en los tiempos postglaciales, sino también a consecuentes cambios climáticos (Violante et al., 2014). A escala global se consideran tres períodos caracterizados por particulares condiciones climáticas: Último Máximo Glacial, Glacial Terminal y Postglacial (Fleming et al., 1998).

Durante el Último Máximo Glacial, como resultado de la baja posición del nivel del mar se produjo el incremento de la superficie patagónica continental y la exposición subaérea de la plataforma (Clapperton, 1993; Rabassa, 2008).

El período Glacial Terminal se caracteriza por la ocurrencia de significativos y recurrentes cambios climáticos (con recesiones y avances glaciares) que marcaron la transición entre la época glacial y la actual.

El Postglacial representa el período que evolucionó hacia las condiciones climáticas actuales.

Condiciones hidrográficas

Como se explica en detalle en el Punto 3.2, desde el punto de vista oceanográfico la Plataforma Continental Argentina está dominada por masas de agua de origen subantártico que circulan de sur a norte, cuyos niveles superiores corresponden a la Corriente de Malvinas, diluidas por los aportes fluviales y el balance evaporación-precipitación, por lo que pueden diferenciarse regiones con masas de aguas de diferentes salinidades (Perillo y Kostadinoff, 2005; Piola et al., 2010).

Frente a la provincia de Buenos Aires, a 38°S, esas masas de agua se encuentran con otras provenientes de zonas ecuatoriales que circulan de norte a sur -siendo la parte superior la Corriente de Brasil-, generando ese encuentro la zona de confluencia (Piola y Gordon, 1989; Piola y Matano, 2001).

Las olas y mareas se constituyen en procesos esenciales en la dinámica sedimentaria en la zona litoral, variando en su importancia a lo largo de las costas. Tanto la altura de ola y los efectos que sobre ella ejercen las tormentas, así como la amplitud de la marea, aumentan de norte a sur. La relación entre estos factores hace que mientras en las costas bonaerenses las olas de tormenta sean el factor dominante (D'Onofrio et al., 1999) condicionando el transporte y disponibilidad de arenas en la franja litoral, en las costas patagónicas la acción de las mareas es mucho más significativa, en función de su amplitud y velocidades de corrientes (Glorioso y Flather, 1997; Simionato et al., 2004).



La influencia fluvial en la Plataforma Continental Argentina tiene al Río de la Plata como principal aporte de agua dulce, descargando entre 22.000 y 25.000 m³/s (Jaime et al., 2002; Giberto et al., 2004; Simionato et al., 2007). Este volumen de agua acarrea una carga sedimentaria en suspensión, transferida desde los ríos Uruguay y Paraná, del orden de 92 millones de toneladas anuales según Milliman y Meade (1983) y 79,8 millones de toneladas anuales según Giberto et al. (2004). De acuerdo a Campos et al. (2008b), 57 millones de toneladas anuales irían al Ócéano Atlántico. En menor grado aportan a la plataforma los ríos patagónicos, que en conjunto no exceden 2.000 m³/s, destacándose como más importantes los ríos Negro (858 m³/s), Santa Cruz (691 m³/s) y Colorado (131 m³/s) (Gaiero et al., 2002; 2003).

Tanto los procesos oceanográficos como los fluviales han variado a través del tiempo. Los cambios paleoceanográficos pueden sintetizarse a partir de la variabilidad en las temperaturas oceánicas y desplazamiento de las masas de agua entre los períodos glaciales e interglaciales. Estos cambios estuvieron significativamente influenciados durante la última glaciación por la transferencia de enormes volúmenes de agua desde las regiones marinas a las continentales donde se acumularon como masas de hielo, y en forma inversa por derretimiento de estos últimos durante las interglaciaciones (Violante et al., 2014).

Variaciones del nivel del mar

La gran extensión de la Plataforma Continental Argentina y sus diferentes características regionales hacen compleja la tarea de establecer una curva de variaciones relativas del nivel del mar como consecuencia de las complejas variables eustáticas, tectónicas e isostáticas que han intervenido en su evolución (Violante et al., 2014).

Diversos autores (ver recopilación en Violante y Parker, 2000 y Cavallotto et al., 2004) han elaborado curvas en diferentes regiones de las posiciones de la línea de costa, esencialmente centradas en la regresión marina de los últimos 6.000 años. Esas curvas evidencian la falta de coincidencia en los detalles de las fluctuaciones marinas, lo que puede considerarse como consecuencia de la influencia de factores locales (climáticos, isostáticos, etc.) en cada una de las regiones consideradas (Violante et al., 2014).

Rostami et al. (2000) afirmaron que existen diferencias en el comportamiento de las regiones norte y sur de Patagonia, ya que las predicciones de las fluctuaciones del nivel del mar y los modelos de deglaciación coinciden para la primera pero no para la segunda, como consecuencia de la alta relación tierras emergidas/sumergidas dada por el excepcional ancho de la plataforma en el sur, como así también por la cercanía de Antártida y la influencia de los mantos de hielo patagónicos, y por la ocurrencia de procesos tectónicos vinculados a las zonas de subducción y tectónica del no tan alejado margen chileno.

Sin embargo, es indudable que la velocidad de ascenso del nivel del mar ha tenido fluctuaciones, evidenciadas en relictos de paleolíneas de costas actualmente sumergidas que muestran la posición estacionaria que el mar ha tenido en determinados momentos. Posibles posiciones del nivel del mar en distintos momentos claves de la transgresión postglacial se presentan en la Figura 15 (Violante et al., 2014).



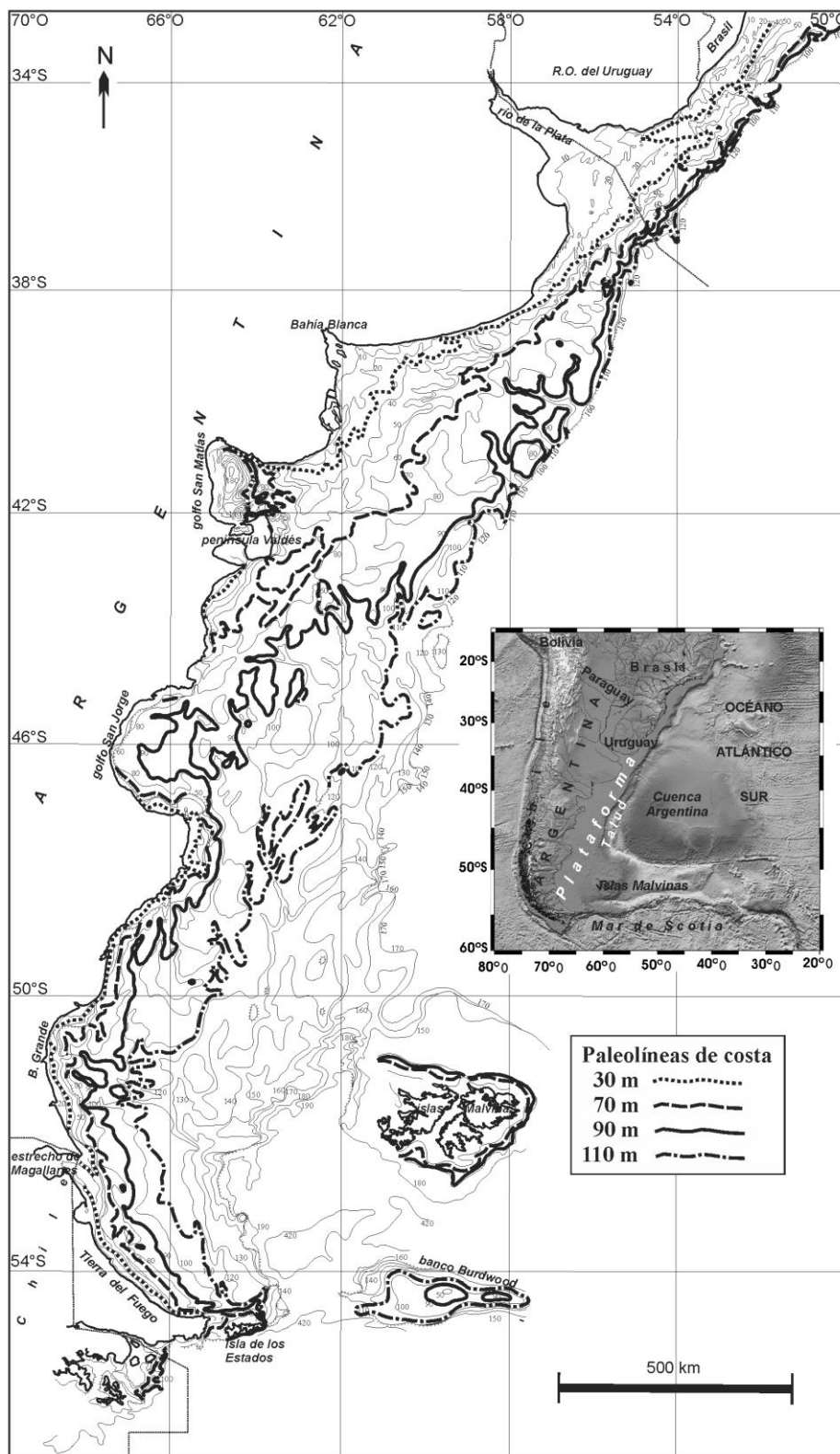


Figura 15. Mapa batimétrico de la plataforma, con indicación de paleolíneas de costas a diferentes profundidades. Se ilustran las de 30, 90 y 110 m según los detalles evidenciados en la plataforma bonaerense más la de 70 m que correspondería a la base de la terraza I, coincidente con el nivel del mar al momento de ocurrencia del período Youger Dryas. Fuente: Violante et al., 2014.

[Firma manuscrita]

Procedencia de sedimentos

El análisis de la concentración de elementos mayoritarios en sedimentos superficiales del margen continental argentino documenta, desde los aspectos geoquímicos, el origen terrígeno de los mismos (Frenz et al., 2004; Mahiques et al., 2008; Chiessi et al., 2009; Govin et al., 2012).

La Plataforma Continental Argentina recibe sedimentos terrígenos procedentes de dos áreas de aporte principales: la región andina y el escudo de Brasilia. Sin embargo, no deben descartarse aportes menores de las Sierras Pampeanas y otras regiones del centro de Argentina.

No obstante la presencia de las dos asociaciones, el predominio de la primera es evidente en la mayor parte de la Plataforma Continental Argentina, tal como queda documentado por la composición mineralógica a nivel regional (Potter, 1994; Marcolini, 2005), como también por análisis isotópicos (Mahiques et al., 2008; Noble et al., 2012) y de mineralogía de arcillas (Campos et al., 2008a).

La región andina fue afectada por intenso volcanismo Mesozoico y Cenozoico, cuyos productos de erosión fueron transportados hacia el este por acción fluvial y eólica, esta última también interviniendo en la movilidad de cenizas volcánicas y materiales piroclásticos. Todos estos materiales fueron depositados y retransportados en las regiones pampeana y patagónica a través de diversos ciclos sedimentarios multigenéticos hasta que finalmente alcanzaron las costas y el mar (Violante y Rovere, 2005 y citas allí incluidas). La asociación mineralógica resultante fue definida como asociación volcánico-piroclástica (Teruggi, 1954; Etchichuri y Remiro, 1963; Gelos et al., 1988).

El análisis petrográfico de fragmentos de rocas y rodados hallados en depósitos marinos del talud a más de 500 m de profundidad en las inmediaciones del cañón submarino Mar del Plata (38°S) reveló el predominio de materiales de procedencia bonaerense (Tandilia) y patagónica (Bozzano et al., 2011).

Por su parte, las regiones cratónicas de Uruguay y Brasil están constituidas por rocas ígneo-metamórficas del Precámbrico y Paleozoico inferior así como por basaltos jurásicos, cuyos productos de erosión son transportados por los ríos Paraná y Uruguay hacia el Río de la Plata y de allí llevados hacia la plataforma (Etchichuri y Remiro, 1963; Berkowsky, 1986). Debe considerarse que por esta vía sólo llegan a la plataforma los excedentes de sedimentos que no quedan retenidos en el ámbito deltaico-estuario del Río de la Plata. El límite sur del alcance de estos sedimentos en la plataforma fue establecido en 35°S (Etchichuri y Remiro, 1963), aunque estudios posteriores señalan que llegarían más al sur (hasta 45°S) al menos en una de las terrazas descriptas en la plataforma (Marcolini, 2005; Marcolini y Bozzano, 2007).

Dinámica sedimentaria

Dada la composición terrígena de los sedimentos que componen la plataforma, la dinámica sedimentaria debe ser considerada en forma integral abarcando tanto los procesos continentales que inciden en la costa como así también los litorales y marinos.

Los sedimentos son introducidos en el sistema dinámico litoral, desde el continente adyacente, de diferentes maneras, tanto por transporte fluvial y eólico como por erosión costera, para ser posteriormente transferidos hacia la plataforma.



No obstante, en el caso del transporte fluvial y eólico (este último incluyendo tanto el aporte de sedimentos por erosión eólica como también tefras y cenizas originadas en erupciones andinas) puede ocurrir un *by-pass* que los lleve directamente hacia las zonas profundas sin estacionarse en el sistema litoral. Durante la transgresión postglacial estos procesos han ocurrido en cada etapa del ascenso eustático, con variantes en función de la velocidad de ascenso, factores climáticos, circulación oceánica, procesos litorales y cambios en los aportes sedimentarios. La transgresión postglacial actuó sobre un substrato Neógeno-Cuaternario poco consolidado provocando el progresivo barrido de su superficie por la acción erosiva de las olas y corrientes litorales con el consecuentemente rápido retroceso costero, manifestado a través de una alta tasa de erosión de la costa y transferencia de sedimentos hacia los fondos marinos adyacentes (Urien y Ewing, 1974; Parker y Violante, 1982; Violante y Parker, 2000, 2004; Perillo et al., 2005; Parker et al., 2008). En la plataforma, los depósitos resultantes sobre la superficie de erosión (*ravinement sensus* Swift, 1968), son palimpsestos o relictos de acuerdo a cómo hayan sido o no afectados por las condiciones hidrodinámicas.

El aporte total de sedimentos terrígenos a la plataforma por acción directa de los agentes de transporte fue estimado en 70 x 106 ton/año (Pierce y Siegel, 1979; Gaiero et al., 2003), de los cuales 39 x 106 ton/año (56%) corresponden a erosión costera, 29 x 106 ton/año (41%) a transporte eólico y 2 x 106 ton/año (3%) a actividad fluvial. Isla y Cortizo (2005) estimaron valores muy distintos (243,8 x 106 ton/año) para los sedimentos erosionados de los acantilados patagónicos e introducidos al mar, aunque sin duda deben considerarse importantes diferencias entre regiones, dependientes de factores locales.

Las redes fluviales transportan hacia las zonas costeras volúmenes sedimentarios relativamente reducidos, ya que los ríos más pequeños tienen poca capacidad de transporte mientras que los más caudalosos generalmente desembocan en ambientes estuáricos que retienen buena parte de los detritos. La mayor capacidad fluvial durante épocas pasadas está evidenciada no solamente por el tamaño desproporcionado de los valles en el continente respecto a los caudales actuales, sino también por la gran cantidad de gravas de origen glacifluvial que tapizan la plataforma patagónica (Perillo y Kostadinoff, 2005).

Las olas y mareas, especialmente bajo condiciones de tormenta, son capaces de removilizar grandes volúmenes de sedimentos (Perillo y Kostadinoff, 2005), tal como queda documentado por los campos de ondas de marea que ocupan algunos sitios de la plataforma donde las velocidades son mayores (Servicio de Hidrografía Naval, 1961; Urien y Ewing, 1974; So et al., 1974; Perillo y Kostadinoff, 2005).

Con relación al transporte por corrientes litorales, la circulación neta es hacia el norte, a excepción de células locales de circulación opuesta influenciada tanto por la morfología de la línea de costa como por los aportes fluviales. En el sector este de la provincia de Buenos Aires se midieron transportes netos hacia el norte de 0,563 x 106 m³/año (Lanfredi y Schmidt, 1979), de 1,15 x 106 m³/año (Galvin, 1978) y de 0,17-1,35 x 106 m³/año (Framiñan, 1990).

Teniendo en cuenta la dinámica sedimentaria imperante en la plataforma, Violante (2004) siguiendo los conceptos de Swift (1976) la consideró como de régimen sedimentario pasivo de carácter autóctono. Algunas de las estructuras sedimentarias superficiales, tales como los complejos de bancos arenosos formados por el retroceso costero -*shoal retreat massif* (Swift, 1976)- con desarrollo de bancos alineados presentes en la plataforma interior norbonaerense (Parker et al.; 1978; 1982; Swift et al., 1978; Parker y Violante, 1982), son típicas de esos regímenes de sedimentación.



Por otra parte, los mecanismos de transferencia de sedimentos desde el borde exterior de la plataforma hacia el talud superior y desde éste hacia los cañones submarinos no están aún adecuadamente conocidos, principalmente si se considera que los cañones están en gran parte desconectados de la plataforma (Ewing y Lonardi, 1971). Pierce y Siegel (1979) estimaron una transferencia de sedimentos hacia el talud de $17 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{año}$. Al menos en el sector del talud bonaerense, el transporte sedimentario por procesos gravitacionales parece ser dominante (Hernández-Molina et al., 2009; Violante et al., 2010; Krastel et al., 2011).

La Figura 16 presenta el mapa morfosedimentario del margen continental pasivo volcánico en la zona de estudio. El Bloque CAN 102 se ubica en la zona del talud medio e inferior sobre el cañon submarino Mar del Plata y en la emersión continental superior, en áreas de depósitos turbidíticos (COPLA, 2017).

Las referencias correpondientes al mapa se presentan en la Figura 17.

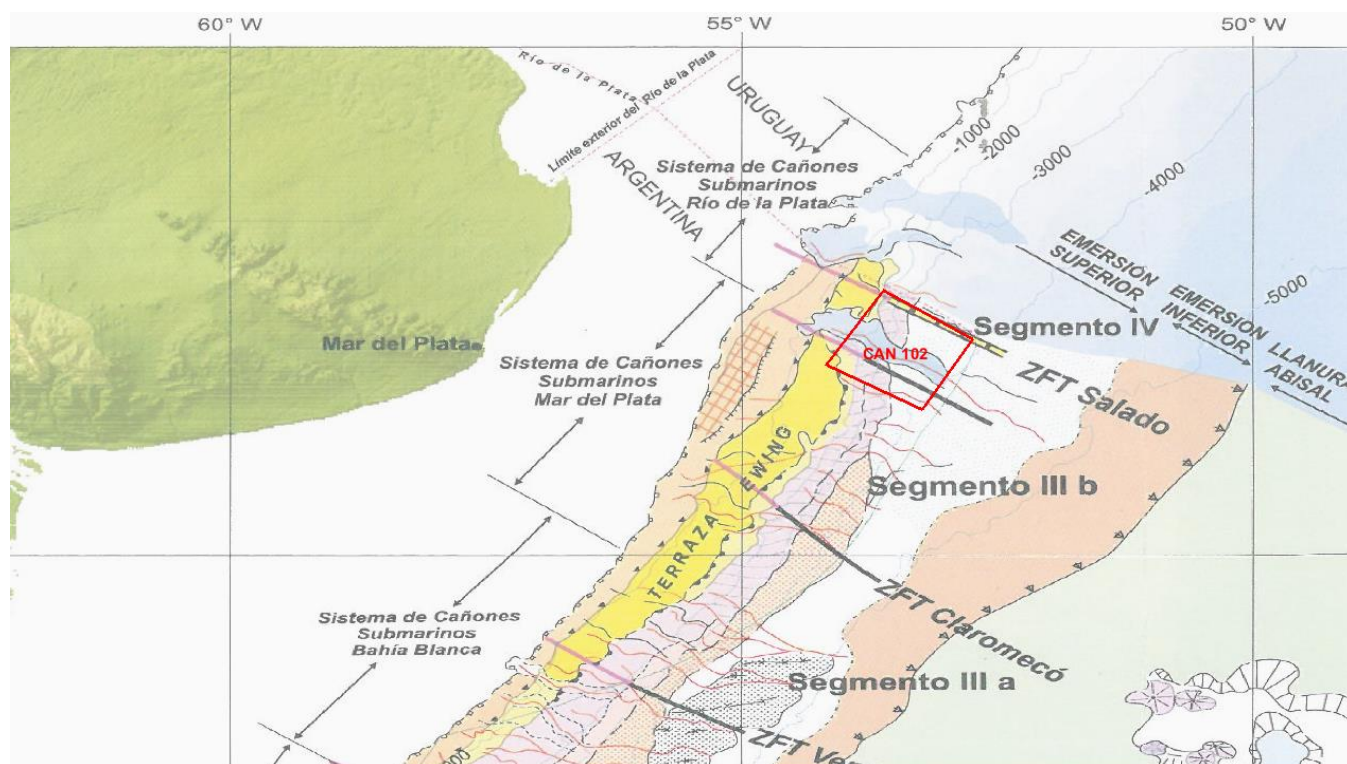


Figura 16. Mapa morfosedimentario del margen continental pasivo volcánico en la zona de estudio. En color rojo se señala el Bloque CAN 102. Fuente: modificado de COPLA, 2017.

[Firma manuscrita]

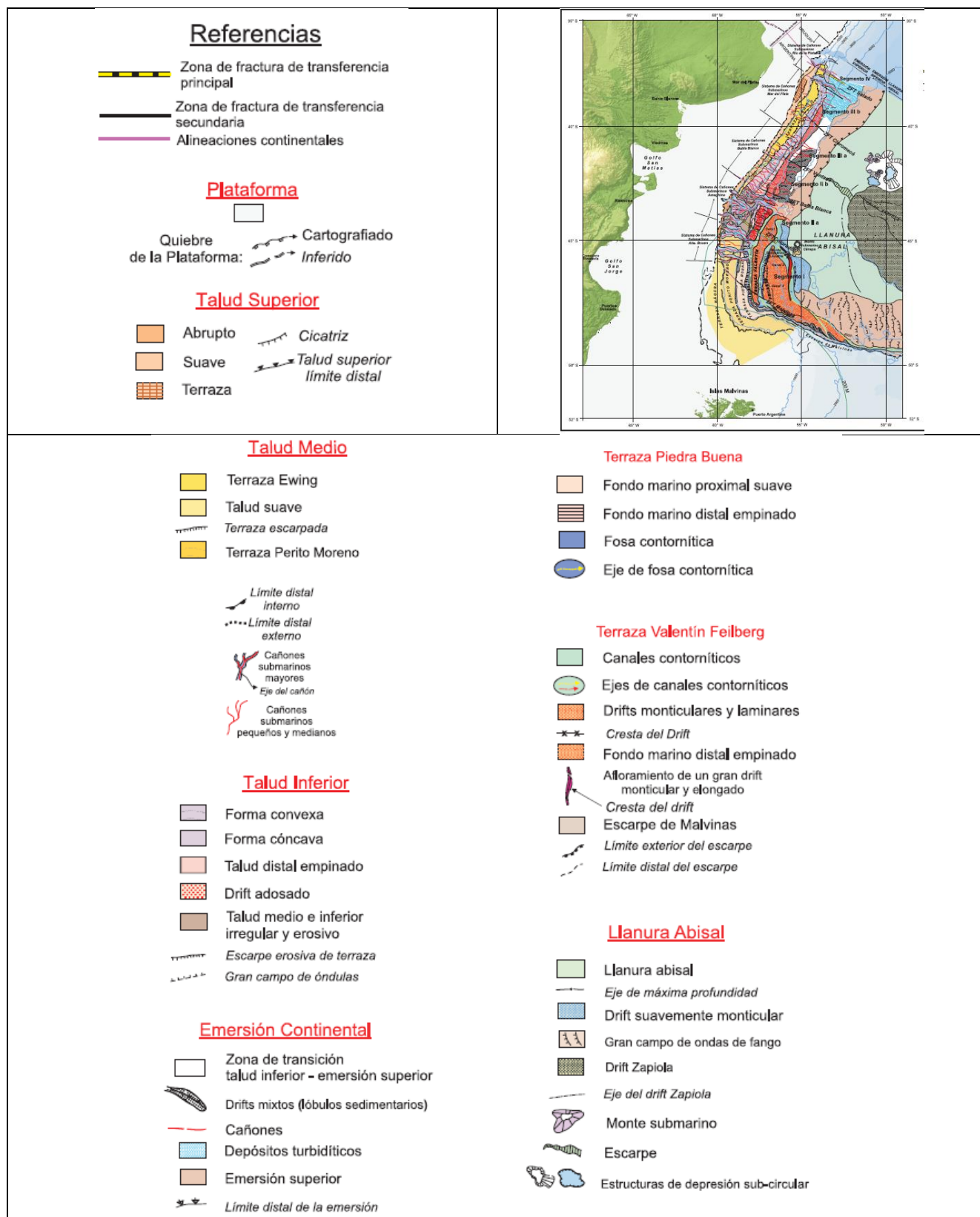


Figura 17. Referencias correspondientes al mapa morfosedimentario presentado en la Figura 16.
Fuente: modificado de COPLA, 2017.



Sistema depositacional contornítico

Hasta mediados del siglo XX, el conocimiento que se tenía del margen continental argentino señalaba que los procesos sedimentarios dominantes en las regiones profundas del talud y la emersión eran los gravitacionales y pelágicos.

Se desconocía la influencia de las corrientes de fondo como significativos agentes modeladores del suelo marino, siendo Hernández-Molina et al. (2009) quienes describieron por primera vez el complejo sistema depositacional contornítico que se desarrolló desde los tiempos del Eoceno-Oligoceno a lo largo de 1.600 km del margen continental pasivo volcánico argentino.

Dicho sistema constituye un proceso sedimentario asociado a corrientes profundas paralelas al margen capaces de construir cuerpos contorníticos (*drifts*) elongados en el sentido de circulación de aquellas. Se trata de una compleja dinámica sedimentaria determinada por la actividad de energéticas corrientes de fondo con capacidad para producir fuertes procesos de erosión y sedimentación sobre el fondo marino.

Los rasgos morfosedimentarios mayores que componen el sistema contornítico en el sector norte del margen pasivo (al norte de 43°S) son cuatro terrazas (Figura 18): La Plata (T1, a ~500–600 m de profundidad), Ewing (T2, a 1.000-1.500 m), T3 (restringida al interior del cañón Mar del Plata, en su flanco norte, a 2.500 m) y Necochea (T4, a 3.500 m). También han sido mencionadas en ese sector otras terrazas más profundas (Hernández-Molina et al., 2009; Violante et al., 2017).

MARGEN CONTINENTAL ARGENTINO									
Sector meridional				Sector central		Sector septentrional			
MASAS DE AGUA		TERRAZAS				TERRAZAS		MASAS DE AGUA	
CM		Nágera		~ 500 m	?	~ 400 / 600 m	T0	CB = TW+SACW	
AAIW		Perito Moreno		~ 1000 m		~ 1200 / 1300 m	T1 = La Plata	Termoclina prof.	
CDW	UCDW	Piedra Buena		~ 2500 m			T2 = Ewing	AAIW	
	LCDW	V. Feilberg		~ 3500 / 3800 m	~ 3500 m		T3	UCDW	CDW
	AABW	sin nombre		~ 5000 / 5500 m		~ 5500 m	T4	NADW	
							T5	LCDW	AABW

Figura 18. Terrazas contorníticas, sus profundidades en diferentes sectores del margen y su relación con las masas de agua. CM: Corriente de Malvinas. CB: Corriente de Brasil. TW: Agua Tropical. SACW: Agua Central del Atlántico Sur. AAIW: Agua Intermedia Antártica. CDW: Agua Circumpolar Profunda. UCDW: Agua Circumpolar Profunda Superior. LCDW: Agua Circumpolar Profunda Inferior. NADW: Agua Profunda del Atlántico Norte. AABW: Agua de Fondo Antártica. Fuente: Violante et al., 2017.

De acuerdo con los diferentes factores involucrados (geotectónicos, morfológicos, sedimentarios, oceanográficos, etc.) en las características que presentan las formas resultantes de los procesos dominantes en el margen continental argentino, que son los contorníticos y gravitacionales, Hernández-Molina et al. (2009) y otros autores subdividieron el margen de norte a sur, en seis regiones, cada una con sus rasgos morfosedimentarios propios (Figura 19).



El Bloque CAN 102 corresponde a la zona denominada A (Noreste bonaerense) del margen pasivo volcánico. Este ámbito está dominado por grandes sistemas de cañones submarinos (Río de la Plata y Mar del Plata), entre los cuales se interponen sistemas contorníticos. Los cañones tienen una gran importancia en la dinámica sedimentaria, una gran influencia en los procesos involucrados con las capas nefeloides y los sistemas contorníticos. Los rasgos morfosedimentarios demuestran el predominio de procesos gravitacionales y corrientes de turbidez, con evidencias de transporte en masa en la base del talud y la emersión, esta última de gran extensión como resultado de los mismos. Los cuerpos contorníticos presentes en la región, parcialmente afectados por el efecto de "trampa" sedimentaria que ejercen los cañones, son de tipo adosados y monticulares. El espesor total del Sistema Depositacional Contornítico en este sector alcanza entre unos 700 a 1.000 m, y en sus niveles superficiales está constituido por diferentes facies sedimentarias correspondientes a contornitas gravosas en los canales y areno-limosas a fangosas en los cuerpos contorníticos (Hernández-Molina et al., 2009; Violante et al., 2017).

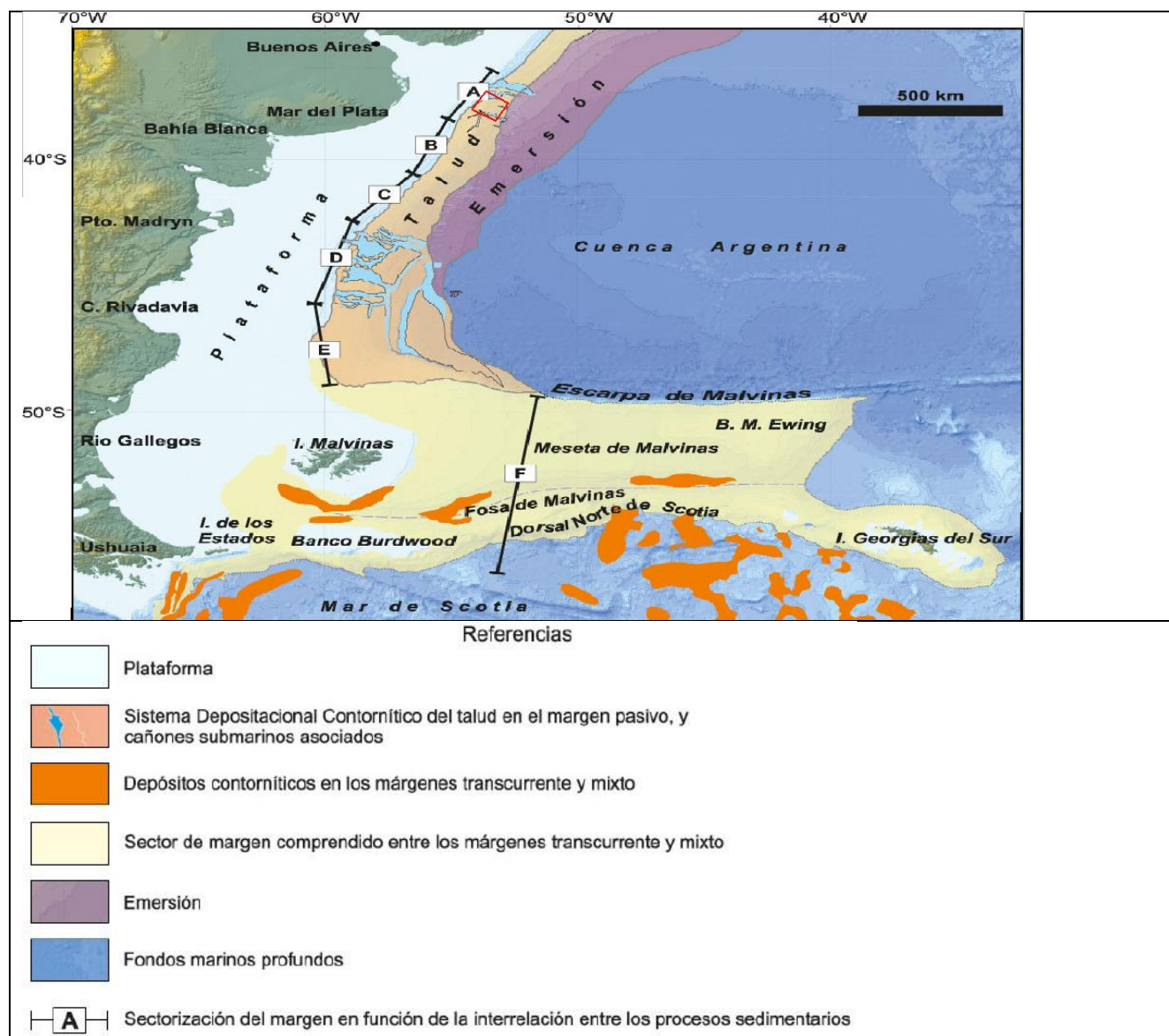


Figura 19. Zonación del margen continental argentino en función de los principales procesos marinos profundos actuantes, y Sistemas Depositacionales Contorníticos. En color rojo se indica el Bloque CAN 102. Fuente: modificado de Violante et al., 2017.

[Firma manuscrita]

3.1.5 Sedimentos

Los sedimentos correspondientes a los niveles superiores del subsuelo de la Plataforma Continental Argentina están representados por secuencias que datan del Plioceno superior-Holoceno (Parker et al., 1999; 2008).

La unidad sedimentaria más reciente del subsuelo de la Plataforma Continental Argentina corresponde al paquete sedimentario post- Último Máximo Glacial con una edad entre ~18 ka y el presente (Violante et al., 1992; Parker et al., 1999; 2008; Violante y Parker, 2000; 2004), definida como una secuencia depositacional identificada mediante relevamientos sísmicos de alta resolución efectuados en las áreas marinas del este bonaerense. La secuencia se extiende desde el borde exterior de la plataforma (y aún sectores del talud superior) hasta las llanuras costeras, estando limitada en su base por la superficie transgresiva, mientras que su tope está representado por la superficie topográfica actual. Su espesor promedia unos 5 m a 10 m, siendo mayor en la plataforma bonaerense donde llega a 10-15 m y menor en la patagónica donde generalmente no excede los 5 m, teniendo aquí una distribución discontinua (Urien y Ewing, 1974; Parker et al., 1996; 1997; Urien et al., 2003). La configuración sísmica interna de la secuencia es en general de carácter caótico y no transparente, indicando alto contenido de arena, aunque en aquellos lugares donde incrementa su proporción de fangos, como en ambientes estuáricos, es transparente o libre de reflexiones internas.

La cobertura sedimentaria superficial de la plataforma está formada esencialmente por arenas, que cubren alrededor del 65% de su superficie. Siguen en proporción las conchillas y gravas, con una participación de aproximadamente 25% (Urien y Ewing, 1973; Parker et al., 1997; 1999; 2008; Violante y Parker, 2000; 2004; Violante, 2004; COPLA, 2017).

Las texturas sedimentarias superficiales del lecho marino según el Atlas de Sensibilidad Ambiental de la Costa y el Mar Argentino (Boltovskoy et al., 2008) se presentan en la Figura 20, junto con la ubicación de testigos de fondo extraídos en la zona así como la traza de un perfil sísmico.

La información de los testigos de fondo proviene de dos fuentes, YPF y GeoMapApp. Esta última es una aplicación de Lamont-Doherty Earth Observatory de la Universidad de Columbia que permite la búsqueda, visualización y análisis de sets de datos globales de las ramas de la geofísica, la geología, la oceanografía física, la climatología y otras.

Sobre la plataforma, el Atlas muestra gran predominio de las texturas arenosas, mientras que sobre las áreas más profundas del margen, el talud y la emersión, son los fangos los materiales dominantes.

A continuación, se presenta la información correspondiente a testigos de fondo obtenidos en zonas aledañas al Bloque CAN 102.

La ubicación de los testigos de YPF puede observarse en la Tabla 3 y la Figura 20, mientras que la descripción del material encontrado se presenta en la Tabla 4.

Asimismo, la ubicación de los testigos obtenidos a través de GeoMapApp puede observarse en la Tabla 3, mientras que la descripción del material encontrado se presenta en la Tabla 5.



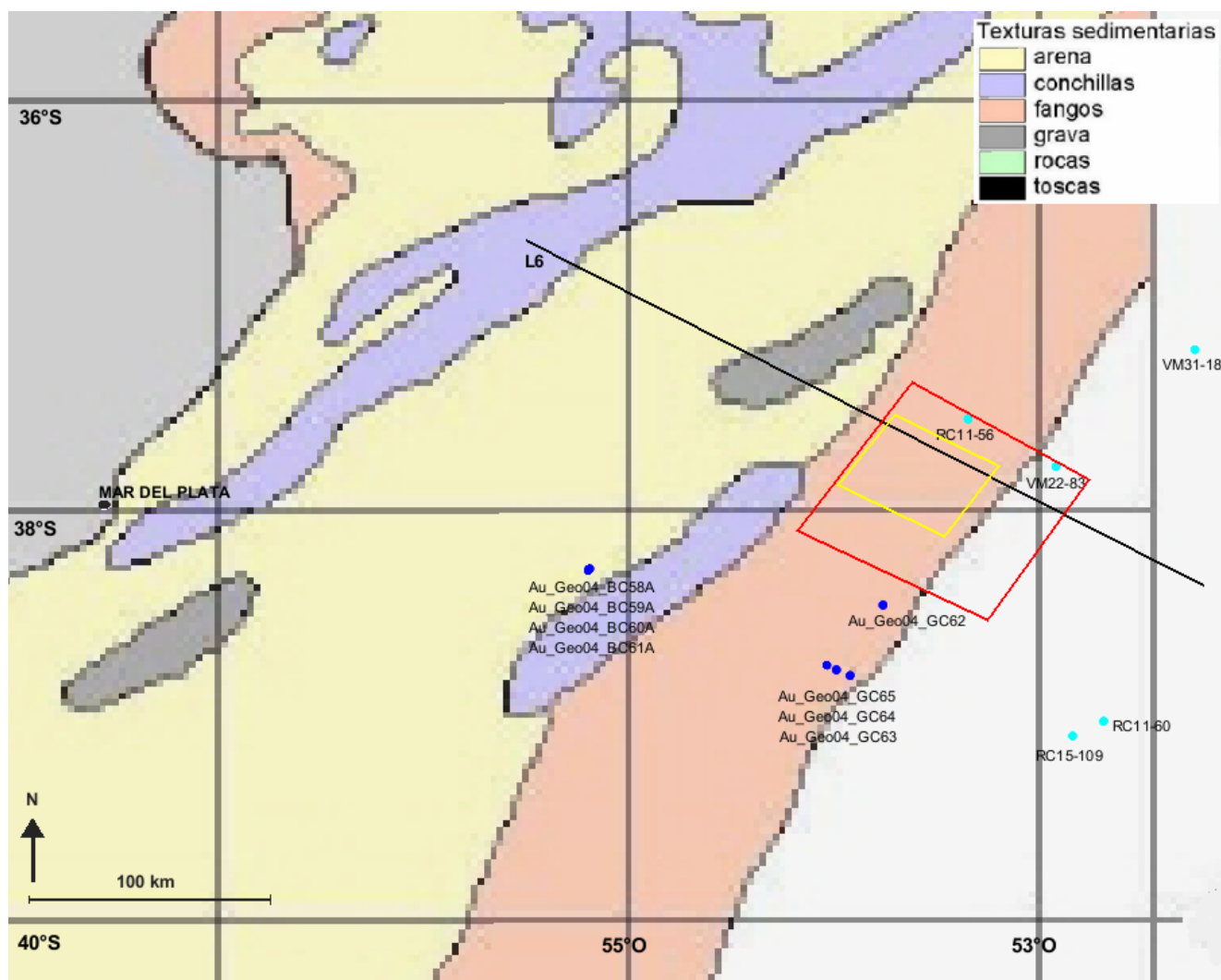


Figura 20. Cobertura sedimentaria superficial del lecho del margen continental argentino, ubicación de testigos de fondo (azul: provistos por YPF; celeste: obtenidos de GeoMapApp) y de la línea sísmica L6 (negro). En color rojo se indica el Bloque CAN 102 y en color amarillo el Área de Adquisición. Fuentes: Atlas de Sensibilidad Ambiental de la Costa y el Mar Argentino, 2008; YPF; GeoMapApp (www.geomapapp.org) y Violante et al., 2010.

Tabla 3. Testigos de fondo obtenidos en zonas aledañas al Bloque CAN 102. Fuente: YPF.

Nombre	Long Oeste	Lat Sur	Profundidad del lugar (m)	Longitud del testigo (cm)
Au_Geo04_BC58A	-55,1929	-38,31915	486	37
Au_Geo04_BC59A	-55,192883	-38,318017	486	25,5
Au_Geo04_BC60A	-55,189083	-38,313667	479	45
Au_Geo04_BC61A	-55,186817	-38,311833	480	36
Au_Geo04_GC65	-54,0249	-38,7841	2.178	229,5
Au_Geo04_GC63	-53,91	-38,834933	3.026	571
Au_Geo04_GC62	-53,749283	-38,489717	3.097	514
Au_Geo04_GC64	-53,97746	-38,806883	2.475	445



Tabla 4. Testigos de fondo obtenidos en zonas aledañas al Bloque CAN 102 - Descripción del material encontrado. Fuente: YPF.

Nombre	Subcapas (cm)	Material	Código	Descripción
Au_Geo04_BC58A	0-23	Arena muy fina con limo-gris muy oscuro	5Y3/1	Composición terrígena con foraminíferos visibles tamaño arena mediana. Transición gradual del color hacia el intervalo inferior
	23-37	Arena limosa-gris oliva oscuro	5Y3/2	Composición terrígena con foraminíferos visibles
Au_Geo04_BC59A	0-17.5	Arena limosa-gris muy oscuro	5Y3/1	Composición prevalentemente terrígena con visibles foraminíferos tamaño arena mediana
	17.5-25.5	Arena limosa-gris oliva oscuro	5Y3/2	Composición terrígena
Au_Geo04_BC60A	0-13	Arena limosa-gris oliva oscuro	5Y3/2	Composición terrígena con fragmentos biogénicos y algunos foraminíferos visibles
	13-24	Arena muy fina con limo-gris muy oscuro	5Y3/1	Con bioturbación (se observan restos del sedimento oliva del intervalo superior).
	24-45	Fango arenoso-gris oscuro	5Y4/1	Con bolsadas de arena gris muy oscuro (5Y3/1) dispersos. Se observa bioturbación
Au_Geo04_BC61A	0-20	Arena fina con limo-gris oliva oscuro	5Y3/2	Composición terrígena con foraminíferos visibles (tamaño arena mediana) entre los 3 y 18 cm de profundidad
	20-30	Arena limosa y fango arenoso-gris oscuro	5Y4/1	Color poco homogéneo quizás por bioturbación. El intervalo 26 – 30 cm es mas fangoso y más claro
	30-36	Arena limosa-gris muy oscuro	5Y3/1	Composición terrígena
Au_Geo04_GC65	0-30	Arena fina a muy fina-gris oliva oscuro	5Y3/2	De composición mayoritariamente terrígena con algunos foraminíferos. Se observa una espina triangular de equinodermo (erizo a los 3.5 cm)
	30-130	Arena fina a muy fina, muy saturada en agua-gris oliva oscuro y gris oliva	5Y3/2 y 5Y4/2	Con foraminíferos visibles. Entre 52 y 54.5 cm se distingue arena fina gris oliva oscuro (5Y3/2) con abundantes foraminíferos y laminaciones. Se observa un fragmento de conchilla a los 84.5 cm y un gastrópodo de aproximadamente 1 cm a los 126.5 cm
	130-229.5	Arena fina-gris oliva oscuro	5Y3/2	Con algo de arena muy fina color gris oliva (5Y4/2), Con foraminíferos visibles aunque la composición de la arena sea básicamente terrígena. Saturada en agua, aunque menos que el tramo anterior. Se observa abundante bioturbación entre 143 y 167 cm. El Contenido en foraminíferos va disminuyendo paulatinamente a partir de los 142 cm
Au_Geo04_GC63	0-72	Fango arenoso-gris oliva	5Y4/2	Con variables proporciones de arena muy fina. Se observan foraminíferos en los primeros 12 – 13 cm del techo. Este primer intervalo también parece más arenoso. En el tramo 50 – 60 cm se observan bolsadas de arena fina color gris oliva oscuro (5Y3/2) Con foraminíferos tamaño arena mediana
	72-172	Fango arenoso-gris oliva	5Y4/2	Con variables proporciones de arena muy fina. Se observan algunas bolsadas de arena entre 87 y 90 cm y alrededor de los 160 cm
	172-272	Fango arenoso-gris oliva	5Y4/2	Con variables proporciones de arena muy fina. Se observan bolsadas de arena dispersas y algunas pasadas de arena muy fina gris oliva oscuro (5Y3/2) entre 222 y 230 cm



Nombre	Subcapas (cm)	Material	Código	Descripción
	272-374	Fango arenoso-gris oliva	5Y4/2	Con variables proporciones de arena muy fina. Se observan algunas pasadas de arena muy fina gris oliva oscuro (5Y3/2) entre 272 y 278 cm; y algunas bolsadas de arena dispersas en los intervalos 339 – 343 cm y 350 – 352 cm. El tramo 340 – 374 cm parece Contener mayor proporción de arena muy fina
	374-390	Fango arenoso-gris oliva	5Y4/2	Con bastante arena organizada en bolsadas entre 378 y 383 cm. Después el sedimento es mas fangoso
	390-474	Fango arenoso-gris oliva oscuro	5Y3/2	Muy compacto y muy duro. Se observan bolsadas dispersas de arena entre 400 y 405 cm. Los niveles 405 – 407 cm y 410 – 412 cm son especialmente duros (parcialmente litificados). Hay niveles arenosos en 448 – 451 cm y 466 – 468 cm color gris verdoso oscuro (GLEY1 4/2)
	474-571	Fango arenoso gris oliva oscuro	5Y3/2	Muy duro y compacto. Se observan niveles de arena muy fina color gris muy oscuro (5Y3/1) de composición terrígena en 511 – 515 cm, 520 – 524 cm, 530 – 534 cm y 540 – 544 cm. También se observan numerosas bolsadas de la misma arena dispersas en 474 – 488 cm, 495 – 497 cm y 506 – 509 cm
Au_Geo04_GC62	0-118	Fango arenoso-gris oliva y arena limosa-gris oscuro	5Y4/2 y 5Y4/1	Organizado en sectores y/o parches dispersos. El intervalo 15 – 70 cm parece ser prevalentemente mas arenoso; en cambio el intervalo 90 – 118 cm es mas fangoso
	118-218	Fango arenoso-gris oliva	5Y4/2	Del tramo anterior con variable proporción de arena. Entre 152 y 154 cm se observan pasadas milimétricas de arena fina gris oliva oscuro (5Y3/2) de composición terrígena. En el mismo intervalo se notan motas de sedimento con materia orgánica negra. Entre 157 y 164 cm se reconocen dos valvas de lamelibranquios de 6.5 cm x 3.5 cm aproximadamente, en buen estado de conservación, nácar preservado en el interior y pared umbonal preservada. En posición inversa a la posición de vida
	218-319	Fango arenoso-gris oliva	5Y4/2	Del tramo anterior con variable proporción de arena. Motas negras dispersas, especialmente por debajo de los 270 cm
	319-419	Fango arenoso-gris oliva	5Y4/2	Del tramo anterior con variable proporción de arena. Motas negras dispersas
	419-430	Fango arenoso-gris oliva	5Y4/2	Transición gradual hacia el intervalo inferior
	430-514	Arena limosa-gris oliva oscuro	5Y3/2	Con motas negras dispersas y algunas bolsadas de arena muy fina color gris muy oscuro (5Y3/1)
Au_Geo04_GC64	0-54	Fango arenoso-gris oliva alternado a arena muy fina con limo-gris oscuro	5Y4/2 y 5Y4/1	Con laminaciones en la primera parte del tramo (aproximadamente entre 4 y 23 cm. Se observan foraminíferos en los primeros 15 cm, después son más escasos. En el tramo 36 – 38 cm hay una concentración de fragmentos biogénicos. En el tramo 51 – 52 cm se observan bolsadas de arena muy fina color gris oliva oscuro (5Y3/2)
	54-95	Alternancia entre fango arenoso-gris oliva, y arena muy fina-gris oscuro	5Y4/2 y 5Y4/1	Composición terrígena
	95-105	Arena muy fina a fina-gris oliva oscuro	5Y3/2	Con algo de material limoso. Se observa una leve bioturbación, más clarita, que se desarrolla en la vertical a lo largo de todo el intervalo
	105-116	Arena fina-gris oliva oscuro	5Y3/2	Muy saturada en agua. En el tramo 105 – 110 cm se observa algo de material fino, en cambio, el tramo 110 – 116 cm es de arena masiva. Límite inferior erosivo en dos pasadas una en 115 cm y otra en 116 cm
	116-122	Fango arenoso-gris oliva	5Y4/2	Límite inferior irregular
	122-154	Arena muy fina con fracción limosa-gris oliva oscuro	5Y3/2	
	154-255	Arena muy fina con limo-gris oliva oscuro	5Y3/2	Por debajo de 225 cm la fracción fina aumenta



Nombre	Subcapas (cm)	Material	Código	Descripción
	255-355	Arena muy fina con fracción limosa notable-gris oliva oscuro	5Y3/2	Alrededor de los 275 cm aumenta la relación arena sobre la limosa. De todas formas, hay una continua alternancia entre sectores algo más arenosos y sectores más limosos
	355-445	Arena muy fina-gris oliva oscuro	5Y3/2	Con variables proporciones de fracción fina. En este tramo parece prevalecer el limo sobre la arena en los intervalos 355 – 375 cm y 405 – 445 cm. En cambio, parece haber más arena en el intervalo 375 – 405 cm. Se observan abundantes manchas negras entre 405 y 433 cm; y bolsadas de arena fina color gris muy oscuro (5Y3/1) hacia la base del testigo



Tabla 5. Testigos de fondo obtenidos en zonas aledañas al Bloque CAN 102 - Descripción del material encontrado. Fuente: GeoMapApp.

Nombre	Descripción
RC11-56 (Prof. del lecho 3100 m)	0-1214 cm: Láminas de arcilla, limo y arcilla limosa.
VM22-83 (Prof. del lecho 3700 m)	0-204 cm: Arcillas. 205-291 cm: Arcillas. 300-788 cm: Arcillas. 790-811 cm: Arcillas. 811-931 cm: Arcillas.
VM31-18 (Prof. del lecho 3700 m)	0-838 cm: Arcilla arenosa. 838-915 cm: Arcilla arenosa. 915-938 cm: Capas de arena y arcillas arenosas. Trigger Weight (0-68 cm): Arcilla arenosa.
RC15-109 (Prof. del lecho aprox. 4600 m)	Descripción general: Arcilla arenosa, arcilla y arena. 0-49 cm: Arcilla arenosa. 49-823 cm: Arcilla arenosa graduada a arcilla. 823-982 cm: Arena. 982-1041 cm: Arcilla arenosa.
RC11-60 (Prof. del lecho aprox. 4600 m)	0-749 cm: Arcilla.

Por otro lado, en la Figura 21 se presenta la información obtenida mediante sísmica y testigos a lo largo de un perfil que atraviesa el Bloque CAN 102 y el Área de Adquisición. La ubicación del mismo puede observarse en la Figura 20.



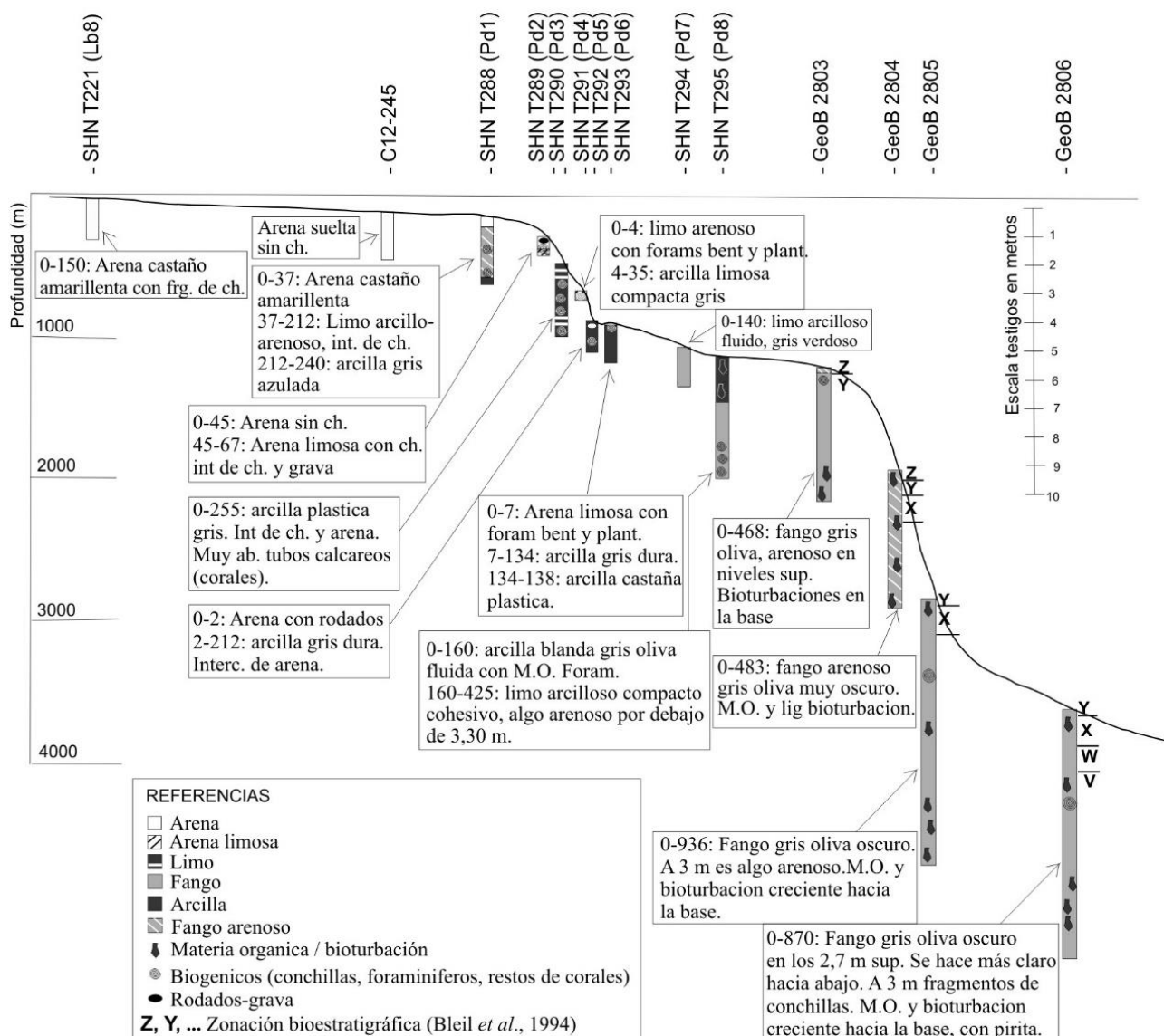


Figura 21. Perfil topográfico tipo sobre la línea sísmica L6 (Campaña Litoral Bonaerense III, 2000) con ubicación y descripciones de los testigos extraídos sobre la misma (ver ubicación en Figura 20). Modificado de Violante et al. (2010).

En la zona de estudio el espesor sedimentario es muy importante, llegando a superar los 3 km (Figura 20).



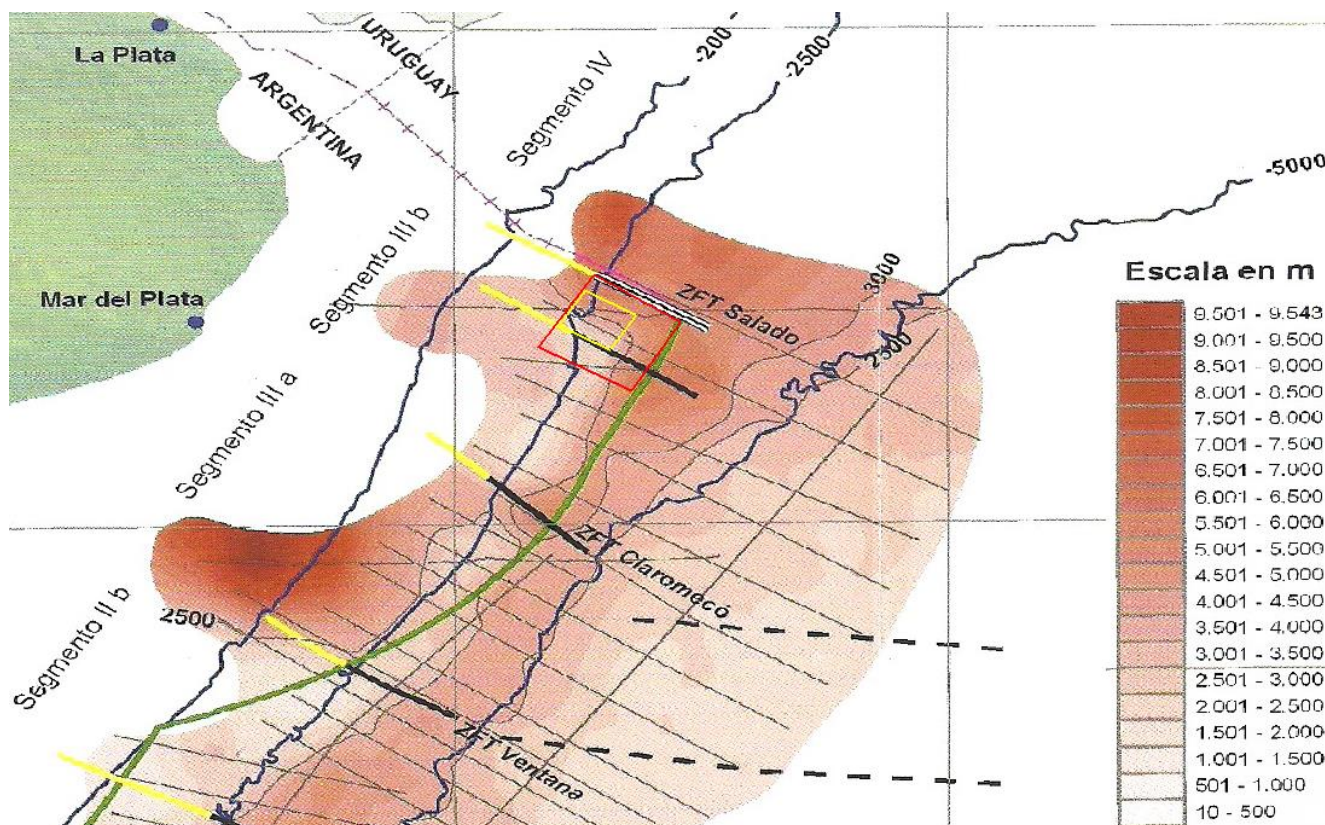


Figura 22. Mapa de espesor sedimentario del margen continental argentino. El polígono rojo indica el Bloque CAN 102 y el polígono amarillo el Área de Adquisición. Las líneas gruesas azul oscuro indican las isobatas de 200 m, 2.500 m y 5.000 m. Las líneas finas de color negro corresponden a las isopacas (escala en metros). Fuente: modificado de COPLA, 2017.

3.1.6 Peligrosidad geológica

Distintos procesos naturales de origen geológico afectan al planeta Tierra, originados por actividad interna o externa. Al primer caso pertenecen los terremotos y el volcanismo, que son procesos formadores de montañas. Los procesos externos son activados por los agentes meteorológicos (agua, nieve, viento) o por las fuerzas de la gravedad y otros procesos erosivos, que modifican la superficie terrestre.

El concepto de peligrosidad geológica hace referencia únicamente al efecto del proceso, mediante una estimación cualitativa de la posibilidad o probabilidad de ocurrencia del mismo, independientemente de las consecuencias que éste pueda tener o de las pérdidas a que pueda dar.

Con relación al presente proyecto, la única temática a desarrollar es la sismicidad del área de estudio.

La costa argentina en el área del proyecto corresponde a una costa de margen pasivo, con una extensa plataforma continental, lo que supone cierta estabilidad tectónica (Codignotto et al., 1992).

El Instituto Nacional de Prevención Sísmica de la Argentina (INPRES) tiene a su cargo la instalación y el mantenimiento de la Red Nacional de Acelerógrafos. El acelerógrafo es un instrumento que permite obtener un gráfico que se denomina acelerograma, el cual muestra la variación de las aceleraciones en el lugar de su emplazamiento en función del tiempo.

[Firma manuscrita]

A partir del análisis de los diferentes terremotos registrados en el país y en otros lugares del mundo con características sísmicas similares se determina el denominado sismo de diseño. En general, se adopta el movimiento más destructivo que puede ocurrir en una determinada zona, con una recurrencia de 500 años.

El peligro sísmico, que es la probabilidad de que ocurra una determinada amplitud de movimiento del suelo en un intervalo de tiempo fijado, depende del nivel de sismicidad de cada zona. Los Mapas de Zonificación Sísmica individualizan zonas con diferentes niveles de Peligro Sísmico.

En el Mapa de Zonificación Sísmica del Reglamento INPRES-CIRSOC 103 se encuentran identificadas 5 zonas. Un valor que permite comparar la actividad sísmica en cada una de ellas es la máxima aceleración del terreno "as" para el sismo de diseño antes definido. Esta aceleración se expresa en unidades de "g" (aceleración de la gravedad).

La Figura 23 muestra el mencionado Mapa de Zonificación Sísmica. Las áreas operativas del proyecto se ubican *offshore* de la costa sur bonaerense y norte patagónica, zonas de peligrosidad sísmica con valor 0 (muy reducida).



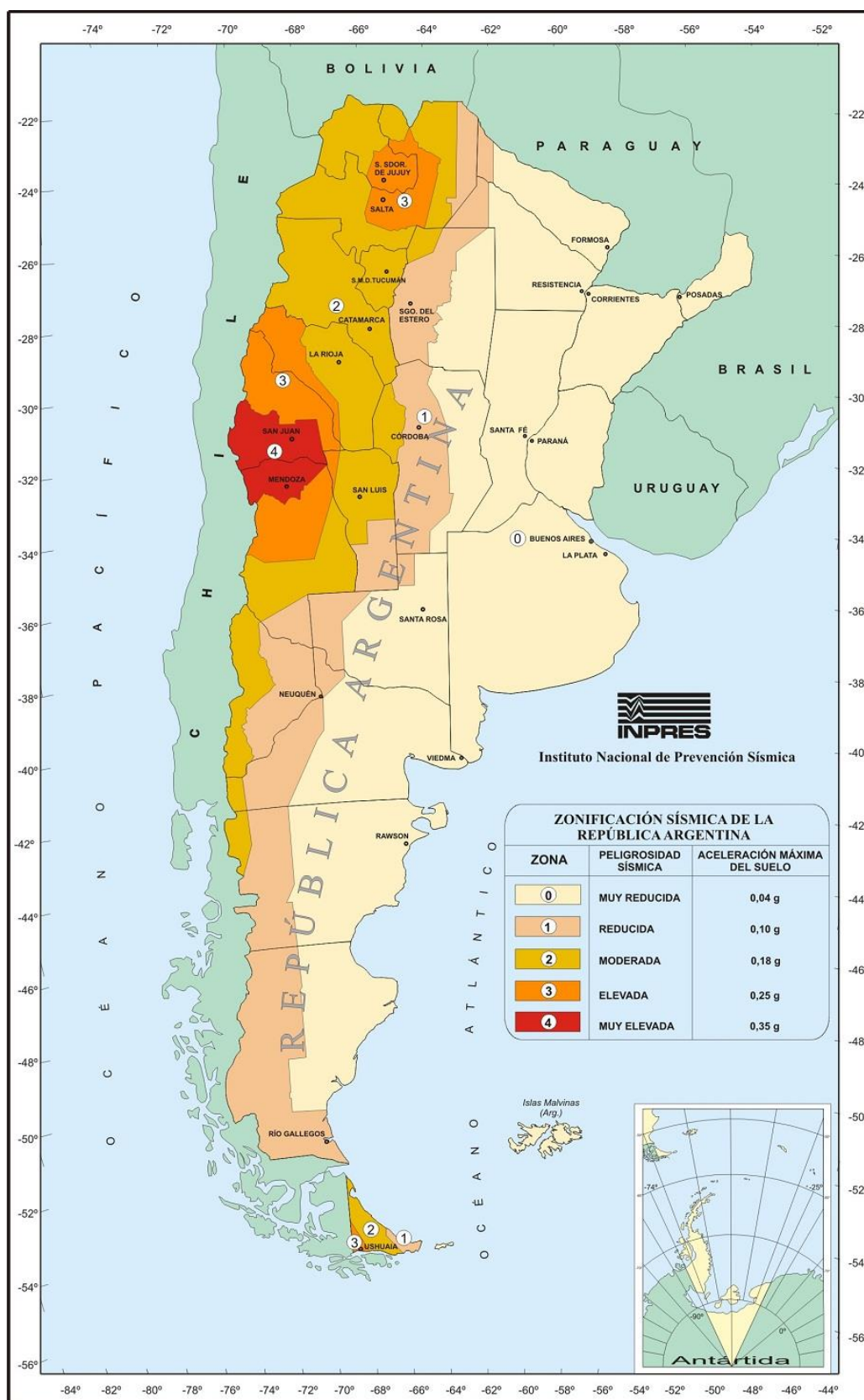


Figura 23. Mapa de Zonificación Sísmica del Instituto Nacional de Prevención Sísmica de la Argentina (INPRES).

[Firma manuscrita]

3.2 OCEANOGRAFÍA

3.2.1 Masas de Agua y Circulación

La fuente principal de las masas de agua de la plataforma continental patagónica la constituye el agua subantártica, transportada desde el norte del Pasaje de Drake por la Corriente del Cabo de Hornos que fluye entre la costa atlántica y las Islas Malvinas, así como por la Corriente de Malvinas que fluye a lo largo del borde de la plataforma (Figura 24 y Figura 25). Por otro lado, existen pequeñas descargas continentales que aportan agua dulce y una fuente de agua de baja salinidad dada por el flujo que ingresa a través del Estrecho de Magallanes. Esta última es consecuencia de las altas precipitaciones que se producen en el Océano Pacífico cerca de la costa de Tierra del Fuego, así como del derretimiento del hielo continental que drena hacia el estrecho por importantes cañadones (Bianchi et al., 2005).

Como consecuencia de los aportes mencionados, en la Plataforma Continental Argentina se observan las siguientes masas de agua (Bianchi et al., 2005): Agua Costera de baja salinidad (<33,4 UPS), Agua de Plataforma o de plataforma media (entre 33,4 UPS y 33,8 UPS), Agua de Malvinas (>33,8 UPS) y Agua costera de alta salinidad en la zona cercana a los golfos San Matías y Nuevo (>34,0 UPS), donde se produce el desvío hacia mar adentro de la intrusión o pluma de aguas de baja salinidad derivada de la descarga a través del Estrecho de Magallanes (Figura 26).

Cabe destacar que las isohalinas de 33,8 UPS y 33,4 UPS, en la Figura 26, marcan los bordes de dos frentes oceánicos (donde las propiedades del agua cambian abruptamente): el frente de talud, entre las aguas de Malvinas y las aguas de la plataforma media, y el frente de marea que se desarrolla durante la estación estival entre las aguas costeras casi homogéneas en la vertical y las aguas estratificadas de la plataforma media (Bianchi et al., 2005).

La pluma de Magallanes, derivada de la descarga de aguas poco salinas a través del estrecho del mismo nombre a una latitud de 52,5°S, constituye un rasgo distintivo de la plataforma. Este flujo tiene una extensión muy importante, alcanzando los 42°S. Hay mucha incertidumbre en cuanto a su caudal, pero lo que sí es seguro es que tiene una influencia enorme en el área (Piola et al., 2018).

La Corriente de Malvinas tiene su origen en la desviación alrededor de la plataforma patagónica de la rama norte de la Corriente Circumpolar Antártica, la cual fluye hacia el este transportando aguas subantárticas frías, poco salinas (34,0 PSU) (Guihou et al, 2020; Piola y Gordon, 1989) y ricas en nutrientes (Acha et al., 2004) desde el Pasaje de Drake a lo largo de la porción superior del talud de la Plataforma Continental Argentina.

Luego de atravesar el Pasaje de Drake la Corriente de Malvinas rodea el somero Banco Burdwood (o Namuncurá) y las Islas Malvinas, contorneando la topografía dibujada por el borde de la plataforma continental (Campagna et al., 2006).

Otra fuente de masas de agua, muy importante para la caracterización oceanográfica regional en el ámbito del Atlántico Sudoccidental, es el agua transportada por la Corriente de Brasil. Esta corriente fluye hacia el sur a lo largo del margen continental de América del Sur (constituye el límite oeste del llamado giro subtropical del Atlántico sur) transportando aguas de origen subtropical, cálidas y salinas.



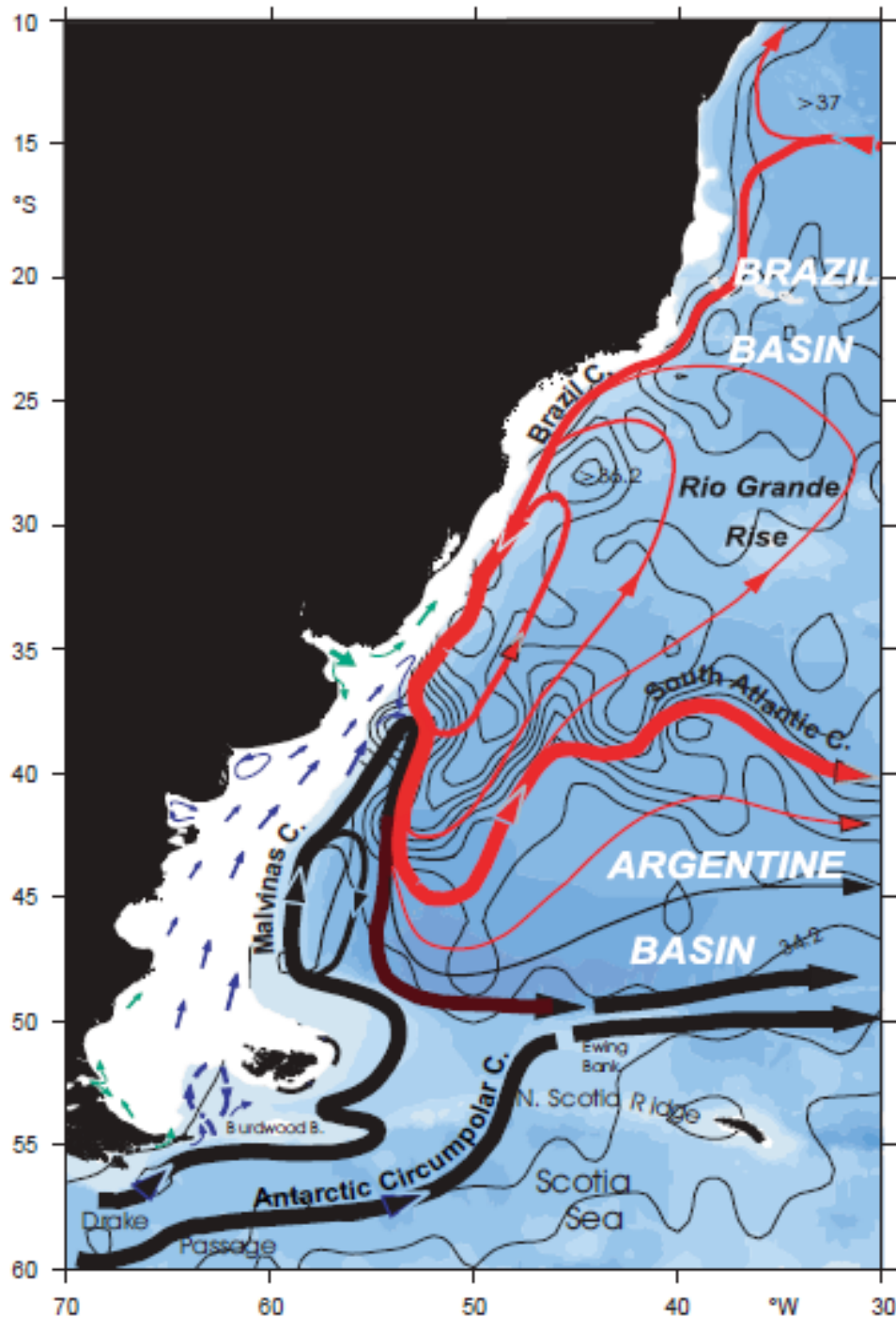


Figura 24. Esquema de la circulación superior de las principales corrientes del Atlántico Sudoccidental. Las líneas negras corresponden al flujo de las aguas antárticas y subantárticas, asociadas con la Corriente Circumpolar Antártica y la Corriente de Malvinas respectivamente. Las líneas rojas representan el flujo de las aguas subtropicales transportadas por la Corriente de Brasil. Sobre la plataforma continental patagónica, las flechas azules y verdes representan las corrientes medias en superficie. Las isoclinas finas de color negro muestran el campo de salinidad a 200 m de profundidad, usado para inferir parte del esquema de la circulación. En la confluencia Brasil-Malvinas se desarrolla un fuerte frente de salinidad que se extiende con un patrón meandroso hacia el interior del océano formando la corriente del Atlántico Sur. Fuente: Piola y Matano, 2017.

[Firma manuscrita]

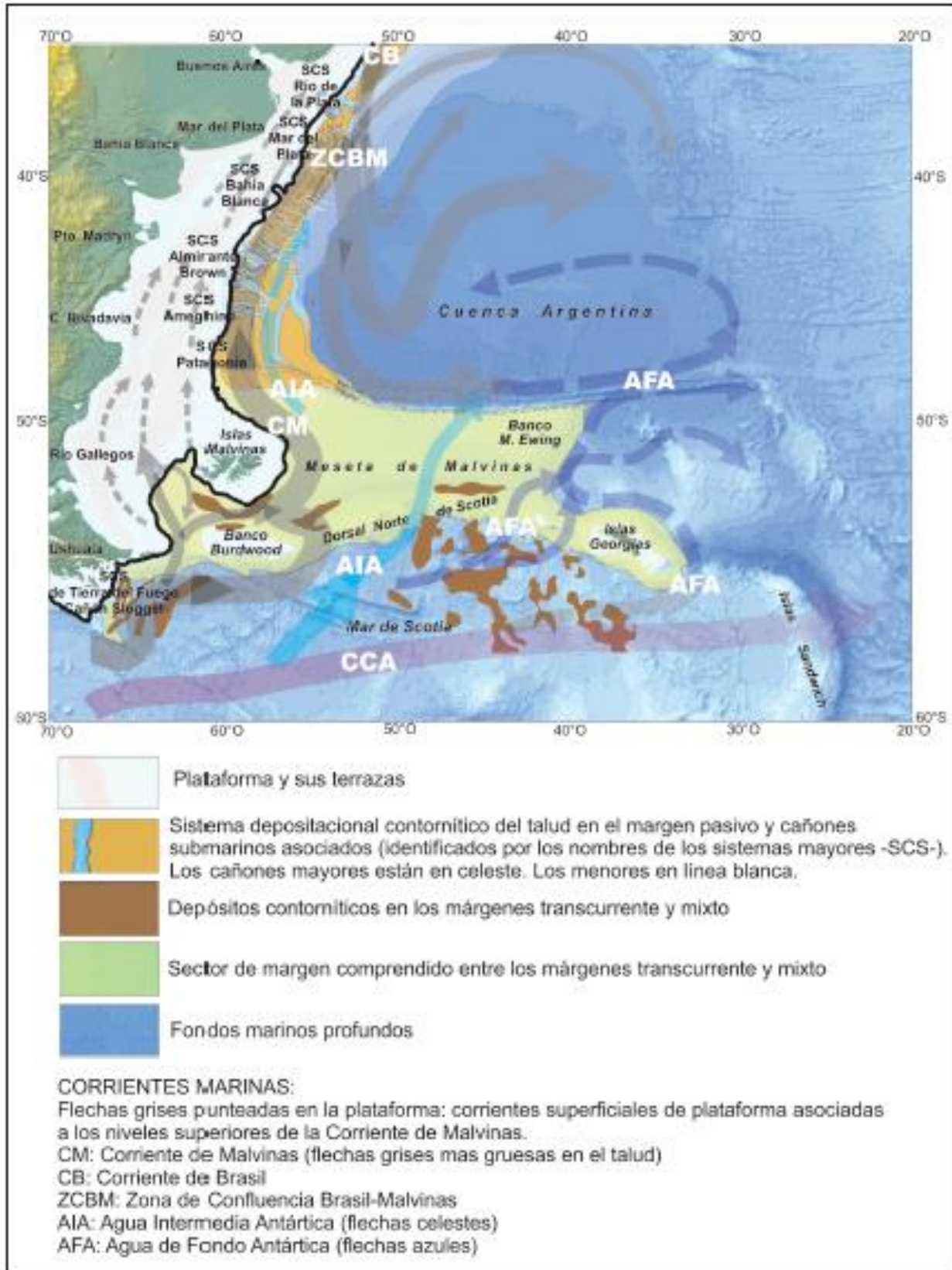


Figura 25. Rasgos morfo-sedimentarios y corrientes características del Margen Continental Argentino.
Fuente: Violante et al., 2017.

[Firma manuscrita]

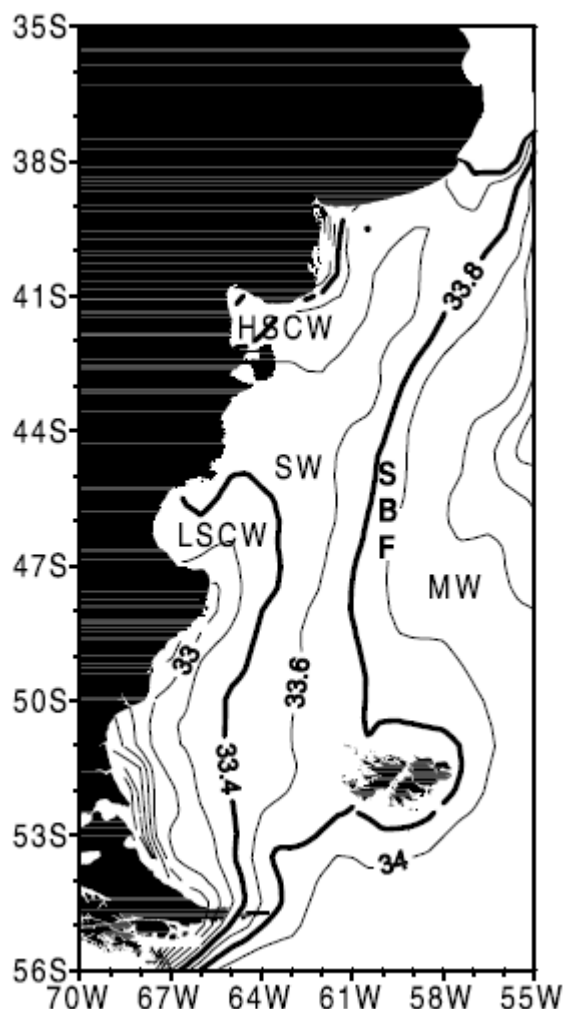


Figura 26. Distribución horizontal de la salinidad climatológica superficial de la Plataforma Continental Argentina. Se resaltan las isohalinas que separan las distintas masas de agua (33,4 UPS y 33,8 UPS). Las abreviaturas corresponden a: agua costera de baja salinidad (*Low Salinity Coastal Water* -LSCW-), agua costera de alta salinidad (*High Salinity Coastal Water* -HSCW-), agua de plataforma (*Shelf Water* -SW-), agua de Malvinas (*Malvinas Water* -MW-) y frente de talud (*Shelf Break Front* -SBF-). Fuente: Bianchi et al., 2005.

[Firma manuscrita]

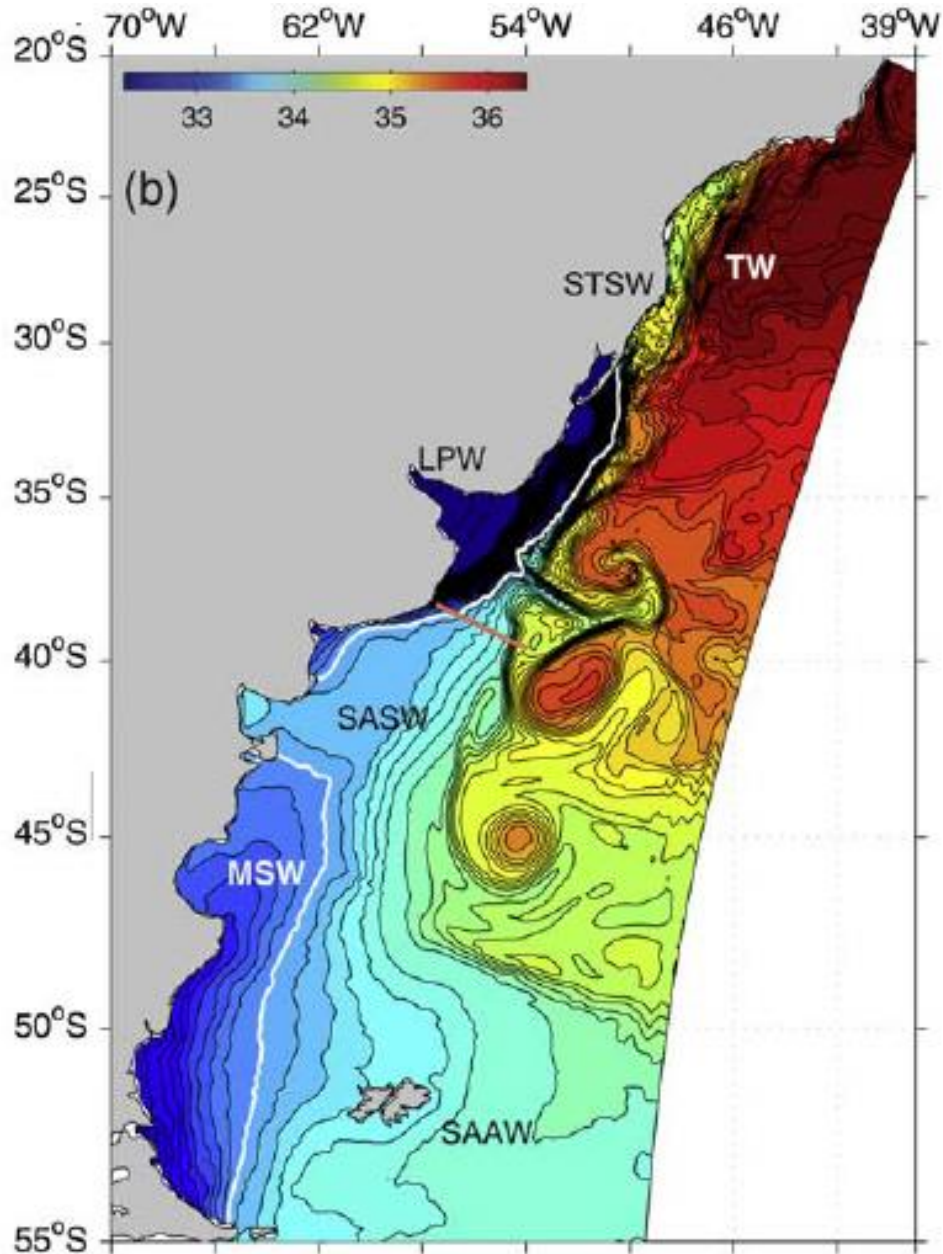


Figura 27. Distribución de salinidad superficial, instantánea obtenida del modelo POM.
Las principales masas de agua que se muestran son: Agua del Estrecho de Magallanes (MSW), Agua de la plataforma subantártica (SASW), Agua de la plataforma subtropical (STSW), Agua del Río de la Plata (LPW), Agua subantártica (SAAW) y Agua tropical (TW).
La línea blanca indica el contorno de 33,5 psu. Nótese el desprendimiento de remolinos anticiclónicos de alta salinidad de la Corriente de Brasil. Fuente: Palma et al., 2008.

La capa superior, de la masa de agua transportada por la Corriente de Brasil, se denomina Agua Tropical (Tropical Waters, TW), y se caracteriza por su elevada temperatura potencial ($\theta > 20^{\circ}\text{C}$) y elevada salinidad ($S > 36$ PSU). La temperatura se debe al calor aportado desde la atmósfera en latitudes bajas, mientras que las salinidades altas responden a la pérdida de aguas de menor salinidad que ocurre en latitudes medias. En esta capa superior se observa, además, la presencia de capas relativamente delgadas de baja salinidad, que probablemente respondan a la mezcla entre Agua Tropical y aguas de plataforma y ríos. Por debajo de la capa de Agua Tropical se encuentra el Agua Central del Atlántico Sur (SACW), que se caracteriza por su fuerte termoclina y haloclina (observar la relación θ -S casi lineal en el rango de temperatura $20 - 10^{\circ}\text{C}$, Figura 29). La masa de agua SACW tiene un patrón θ -S muy estable que presenta solo variaciones menores, en el límite sur de la Corriente de Brasil, inducidas por la interacción aire-mar durante el invierno (Piola et al., 2017).

El encuentro de las Corrientes de Brasil y de Malvinas se produce cerca de los 38° de latitud sur (desplazándose hacia el norte o hacia el sur según la estación del año) en el ambiente de aguas profundas del talud y forman la zona de confluencia Brasil/Malvinas (Frente Subtropical), una de las regiones de mayor concentración de energía de todos los océanos del mundo. En la misma coexisten y se mezclan aguas subtropicales y subantárticas que determinan importantes gradientes físicos-químicos y favorecen la presencia de altas concentraciones de nutrientes con importantes consecuencias biológicas para todo el ecosistema.

Después de encontrarse con la Corriente de Malvinas, la Corriente de Brasil se bifurca y una de sus ramas (la más externa) forma la Corriente del Atlántico Sur (Campagna et al., 2006), mientras que el flujo principal de la Corriente de Malvinas describe un brusco giro y forma el flujo de retorno de Malvinas que se dirige al sudeste. Este flujo de retorno genera la surgencia de aguas profundas que enriquecen el contenido de los nutrientes de las aguas superficiales (Campagna et al., 2006).

Es necesario resaltar que, si bien la circulación en la plataforma continental depende de la propagación de la onda de marea, la tensión del viento, las descargas de agua dulce y las corrientes de contorno (Corriente de Malvinas y de Brasil), la contribución relativa de cada uno de estos forzantes al patrón de circulación varía entre las distintas regiones que conforman dicha plataforma.

En la plataforma continental Patagónica, la circulación es dominada por fuertes mareas (Glorioso y Flather, 1997; Palma et al., 2004a), importantes descargas de agua dulce (Piola et al., 2005) y vientos fuertes y persistentes (Palma et al., 2004b; Piola y Matano, 2001). Mientras que en la zona de interés del presente estudio las amplitudes de marea son relativamente pequeñas (Palma et al., 2004a), y el patrón de vientos se caracteriza por intensidades débiles y grandes variaciones estacionales (Palma et al., 2004b).

La esquematización de la circulación del Atlántico Sudoccidental se presenta en la Figura 24 y la Figura 25. En la Figura 27 se representan las principales masas de agua del mencionado sector oceánico, junto a la distribución superficial de salinidad, correspondiente a un instante de los resultados obtenidos por Palma et al. (2008) con el modelo POM (Princeton Ocean Model).

La Confluencia Brasil Malvinas genera uno de los campos de remolinos (*eddies*) más espectaculares del océano global. En estos remolinos la anomalía de temperatura y salinidad superficial puede presentar valores de hasta 10°C y 2 UPS y, por lo tanto, constituyen un importante mecanismo de transferencia de sal y calor. La variabilidad de la zona de confluencia se ilustra en la Figura 27 con la presencia de una intrusión *eddy* ubicada alrededor de los 45°S , 54°O y, más al norte, un segundo *eddy* próximo a desprenderse.



Puntualmente, cabe destacar que el Bloque CAN 102 se ubica en la zona de influencia de la Corriente de Malvinas y de la convergencia de ésta con la Corriente de Brasil (Frente Subtropical). En consecuencia, tanto la temperatura como la salinidad del agua pueden presentar una elevada variabilidad espaciotemporal. Los meandros y remolinos (*eddies*) de gran escala que se desprenden de las dos corrientes generan intrusioniones de una masa de agua cálida (Corriente de Brasil) en una masa de agua fría (Corriente de Malvinas) y viceversa. De esta manera, el área del Bloque CAN 102, además de estar caracterizada por la mezcla de estas dos corrientes marinas, puede ser bañada tanto por las aguas frías de Malvinas como por las cálidas de Brasil. En consecuencia, en cualquier época del año el buque de exploración sísmica podría estar desplazándose ya sea en la zona de mezcla o en aguas de Malvinas o de Brasil.

A continuación, se presentan los perfiles verticales de temperatura y salinidad (Figura 28) y los diagramas T-S (Figura 29) característicos de las masas de agua de las corrientes de Brasil y de Malvinas.

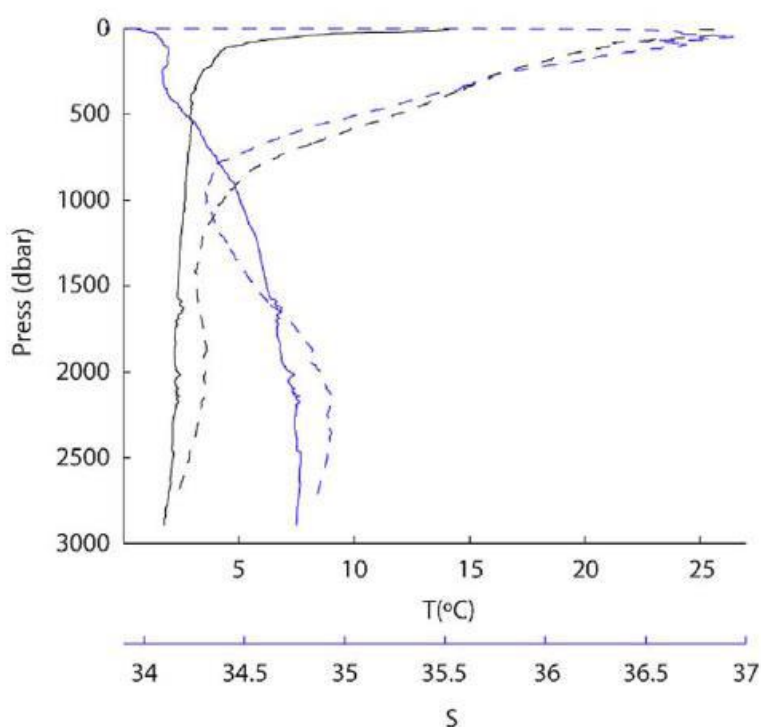


Figura 28. Perfiles verticales de temperatura y salinidad característicos de la Corriente de Malvinas (línea continua) y de la Corriente de Brasil (línea punteada). Fuente: Orúe-Echevarría et al., 2019.



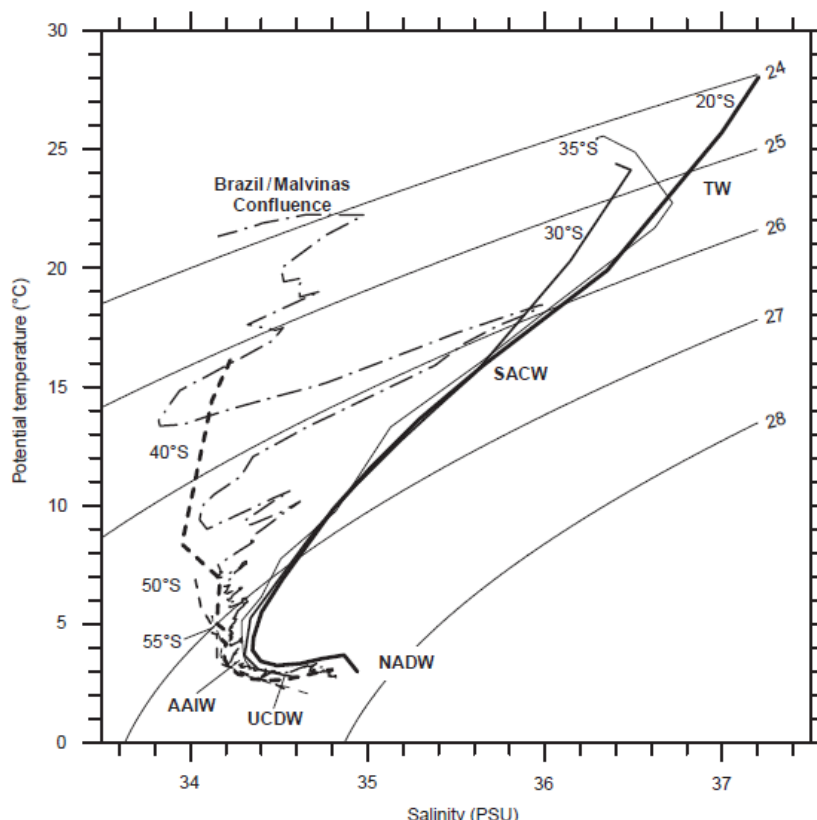


Figura 29. Diagrama de Temperatura-Salinidad (T-S) de estaciones oceanográficas realizadas a lo largo de la Corriente de Brasil (desde 20°S en la cuenca de Brasil hasta 35°S, líneas continuas) y a lo largo de la Corriente de Malvinas (desde 55°S en el norte del Pasaje de Drake hasta 40°S, líneas de rayas). Estas estaciones están localizadas entre las isobatas de 1.000 m y 2.000 m cerca de los núcleos de estas corrientes de contorno oeste. También se incluye una estación de la Confluencia Brasil / Malvinas luego de la separación del borde oeste (línea de rayas y puntos). Se incluyen las isóclinas de anomalía de densidad (σ_θ).

TW: Tropical Water; SACW: South Atlantic Central Water; NADW: North Atlantic Deep Water; AAIW: Antarctic Intermediate Water; UCDW: Upper Circumpolar Deep Water. Fuente: Piola et al., 2017.

3.2.2 Corrientes

Según un estudio llevado a cabo por Palma et al. (2008) la circulación promedio en profundidad en la plataforma consiste en un flujo de dirección norte con velocidades medias de aproximadamente 3,5 cm/s y picos de más de 7 cm/s. La circulación se intensifica en la zona exterior de la plataforma, donde es influenciada por la Corriente de Malvinas. Al sur de los 49°S existe un *jet* bien definido en el sector interno de la plataforma.

La estructura vertical de la circulación sigue la solución de Ekman, la cual explica el efecto del viento manejando las corrientes en profundidad, tal como ocurre en el caso de estudio. La misma plantea que cuando un viento constante sopla sobre un mar ideal plano, homogéneo e ilimitado se producirá un movimiento de las aguas más superficiales en una dirección desviada 45° (hacia la izquierda en el hemisferio sur) respecto a la del viento. Este movimiento se va transmitiendo hacia las sucesivas capas más profundas con una atenuación de tipo exponencial debida al rozamiento y desviándose continuamente en sentido anticiclónico (espiral de Ekman, Figura 30).



Esto significa máximas velocidades en superficie y diferentes velocidades para cada profundidad, con el vector de dirección rotando en sentido contra reloj. Este patrón se puede observar en la Figura 31, en la cual se observa la estructura vertical de la circulación en la plataforma patagónica, la cual es equivalente a un flujo de dos capas donde la superior se dirige directamente al noreste y la inferior en la dirección contraria Palma et al. (2008).

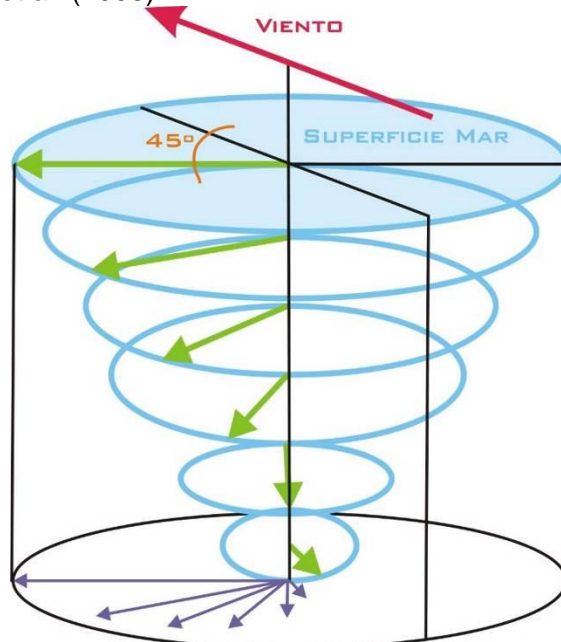


Figura 30. Espiral de Ekman.

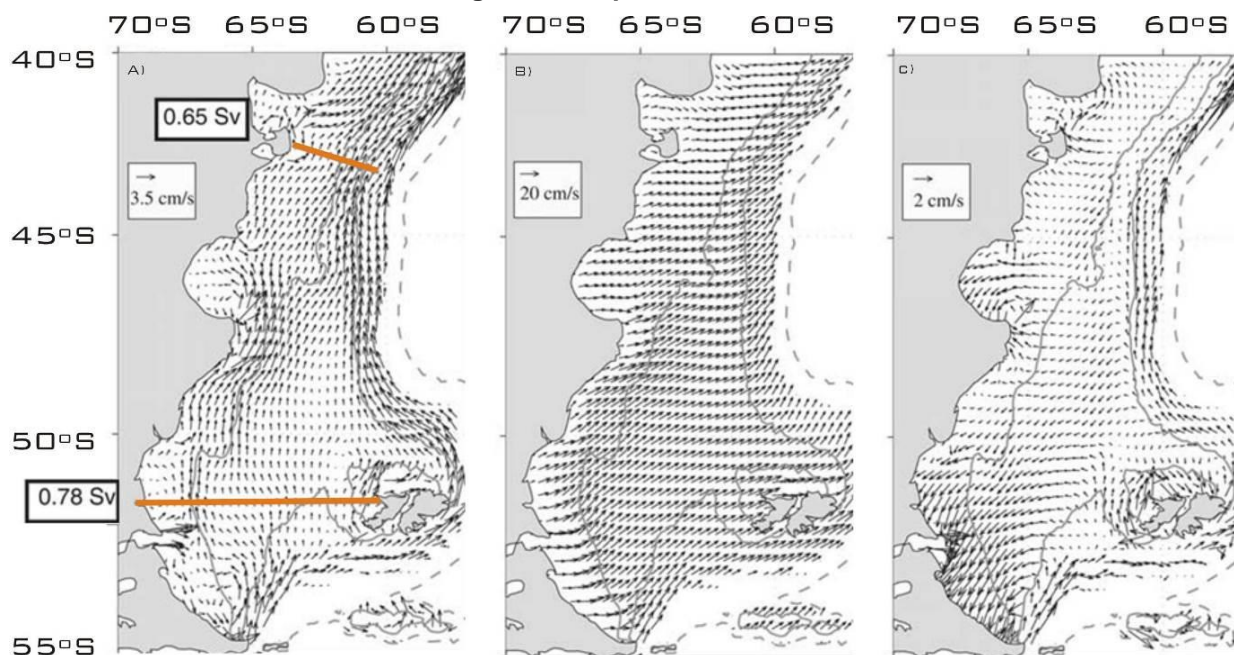


Figura 31. Circulación anual media en el sector de la Plataforma Continental Argentina. A) Vectores de velocidad de profundidad media. Los números dentro de los recuadros indican el transporte (en Sv) a través de la sección indicada. B) Vectores de velocidad en superficie. C) Vectores de velocidad de la capa inferior. Las líneas sólidas grises indican las isobatas de 100 y 200 metros; la línea punteada corresponde a la isobata de 1.000 m. Los vectores están indicados para profundidades menores a 500 m. Fuente: Palma et al., 2008.

[Firma manuscrita]

En la Figura 32 se muestran los vectores de la velocidad de la corriente para distintos períodos del año, de acuerdo con la variabilidad de la posición de la convergencia.

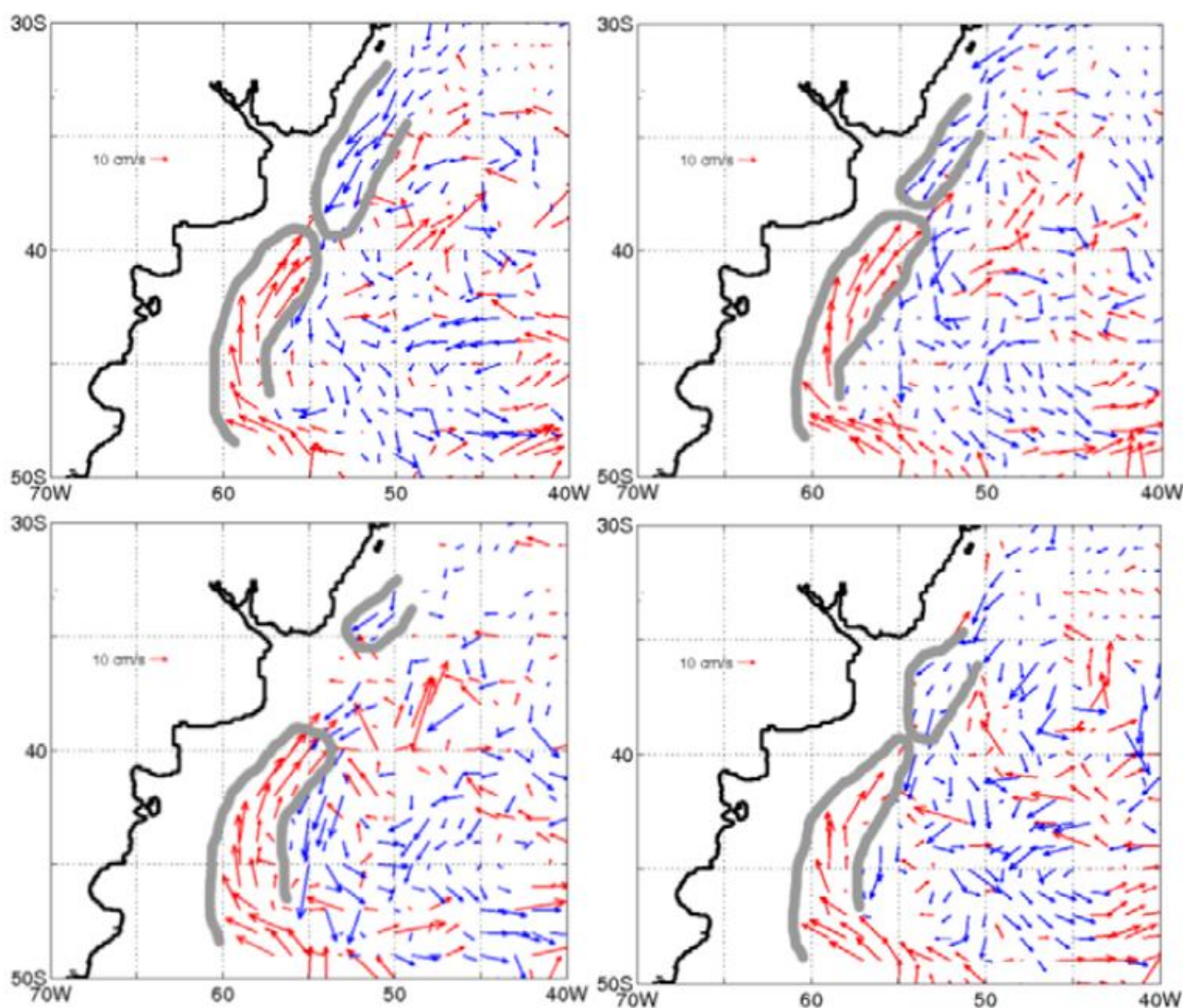


Figura 32. Variabilidad de la posición de la convergencia para distintos períodos del año. Los vectores representan la velocidad de la corriente representativa de un trimestre, entre 800 y 1.100 dbar. Los vectores en rojo son hacia el norte y azul hacia el sur. Las líneas grises gruesas indican la extensión de las Corrientes de Brasil y de Malvinas. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: enero-marzo, abril-junio, julio-septiembre, octubre-diciembre. Imagen tomada de EIA, S y B SISMICA OFFSHORE 3D ÁREA 3 – Uruguay. Fuente: Ezcurra y Schmidt S.A. 2013.

Con relación a la velocidad de las corrientes, en la Figura 33 se muestra una sección de velocidad de las corrientes marinas (en cm/s) sobre la plataforma exterior y el talud continental a una latitud entre los 38°S y 39°S. Los colores celestes representan flujo hacia el norte (valores positivos), asociados a la Corriente de Malvinas. Los colores verde-amarillo-rojo (valores negativos) representan flujo hacia el sur, asociado al retorno de la Corriente de Malvinas y a la Corriente de Brasil (Piola et al., 2008).

[Signature]

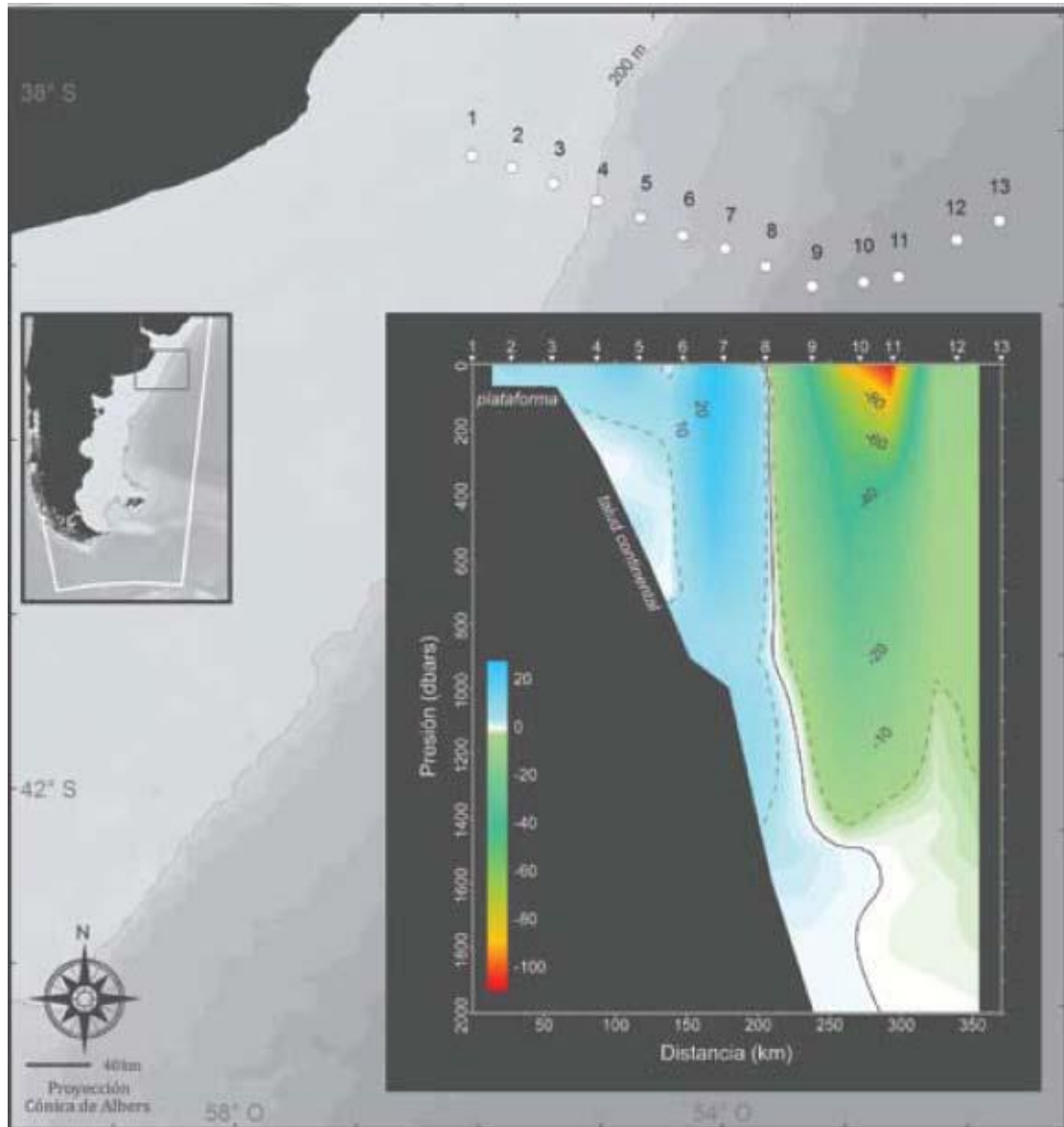


Figura 33. Sección de velocidad de las corrientes marinas sobre la plataforma exterior y el talud continental. Fuente: Ezcurra y Schmidt S.A., 2013 (modificado de Piola et al., 2008).

Palma et al. (2008) proponen un modelo para simular las corrientes en la plataforma continental y en el océano profundo adyacente. Según el modelo, la circulación inducida por el viento se caracteriza por un flujo hacia el NE y una reducción del transporte de masa hacia el N. Las corrientes presentan una variación estacional significativa al norte de 45°S y estos cambios se manifiestan en las variaciones estacionales del transporte. En otoño el modelo sugiere una circulación ciclónica (horaria) en la plataforma central.

La Figura 34 muestra las corrientes superficiales en otoño y primavera. Por el efecto del viento predominante del oeste, estas simulaciones, que no incluyen la Corriente de Malvinas, sugieren que el agua de la capa superficial fluye principalmente hacia el ENE y es exportada hacia el océano profundo a través del talud continental.

[Firma manuscrita]

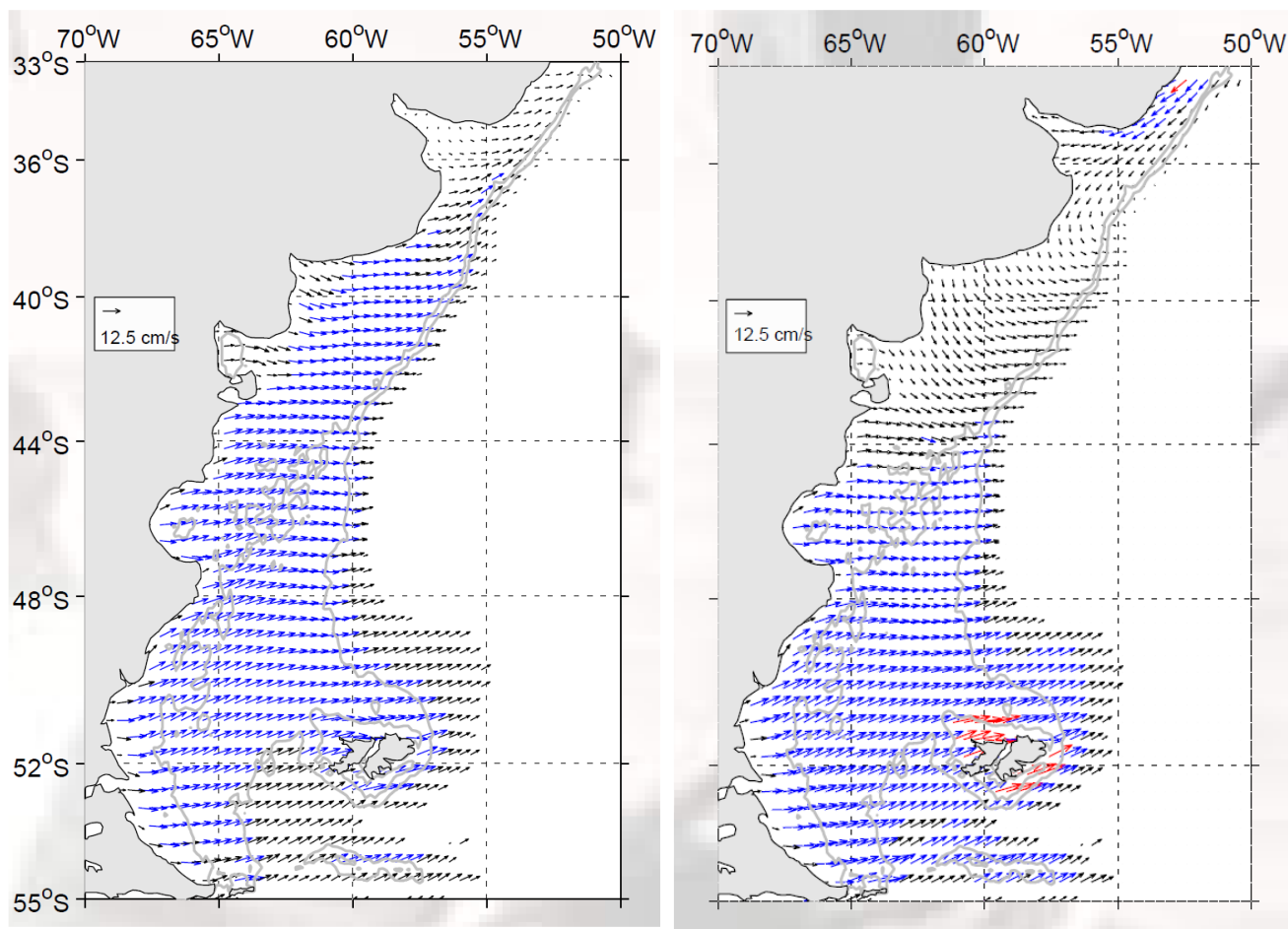


Figura 34. Corrientes superficiales en otoño (izquierda) y primavera (derecha) generadas por un modelo barotrópico (densidad uniforme) forzado con vientos climatológicos (ECMWF). Los vectores rojos representan velocidades medias entre 15 y 20 cm/s, azules entre 10 y 15 cm/s y negros menor que 10 cm/s. Las líneas grises representan las isobatas de 100 y 200 m. Fuente: Palma et al., 2008.

En el océano real, la Corriente de Malvinas ejerce un rol importante y fuerza el flujo superficial principalmente hacia el NE. La conservación de la masa sugiere que el flujo hacia el E cerca de la costa debe ser compensado por una circulación transversal opuesta en las capas profundas (Figura 35).

La velocidad de la corriente en la zona del Cabo de Hornos excede los 60-70 cm/s (Zyranov y Sererov, 1979). La velocidad promedio de la corriente divergente de Malvinas alcanza valores de 25 cm/s a 50 cm/s (Servicio de Hidrografía Naval, 1993).

[Handwritten signature]

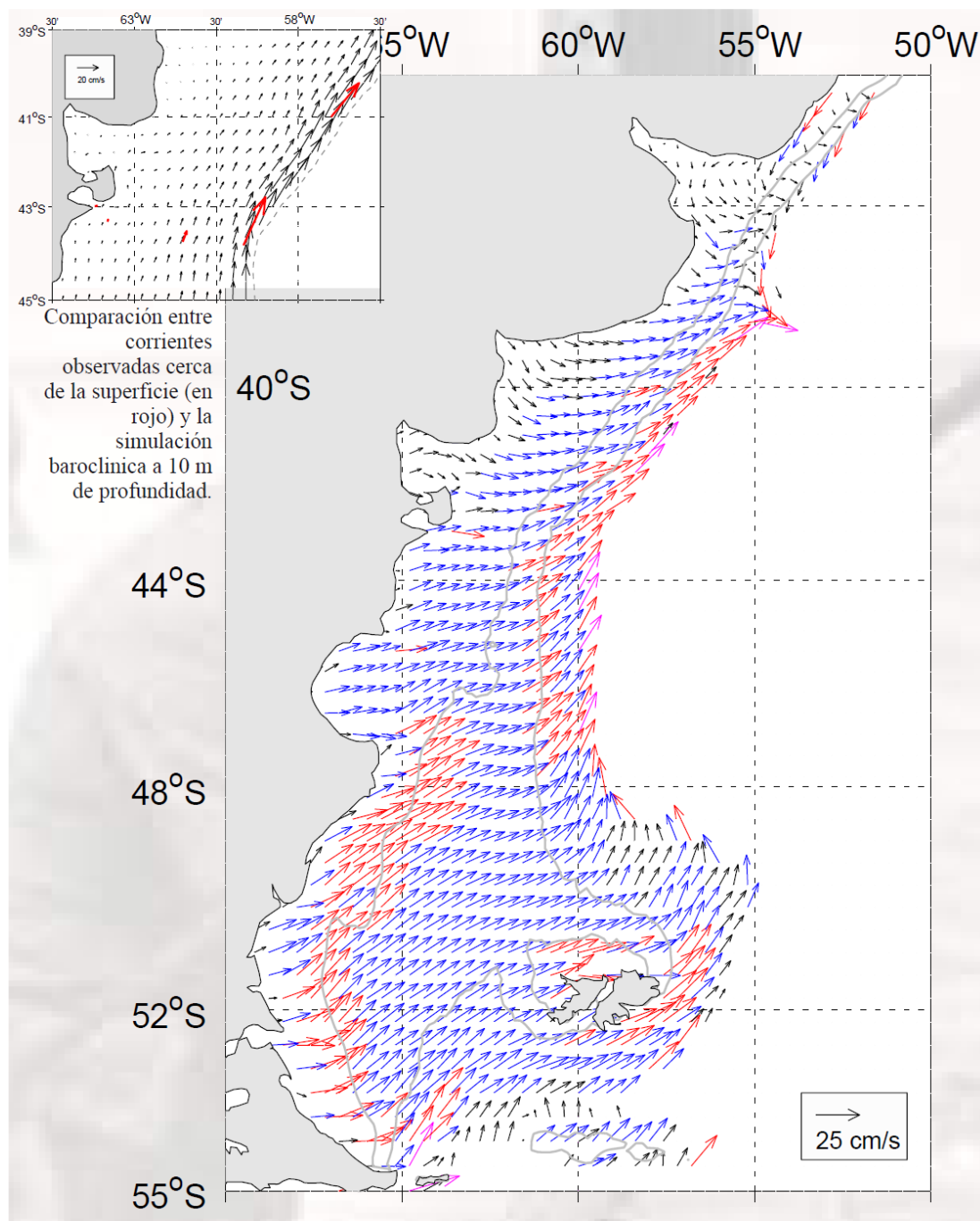


Figura 35. Corrientes medias anuales a 10 m de profundidad generadas a partir de una simulación baroclínica (con estratificación vertical) que incluye la Corriente de Malvinas. Nótese cómo las corrientes en la plataforma se desvían hacia el N y NE en la plataforma externa y aumenta su intensidad hacia el talud. Las líneas grises representan las isobatas de 100 y 200 m del modelo. Fuente: Palma et al., 2008.

En el promedio anual, el transporte de masa decrece uniformemente hacia el norte. Sin embargo, en otoño la parte norte del dominio presenta un transporte intenso hacia el NE, asociado al flujo relativamente intenso en esa dirección sobre la totalidad de la plataforma al sur de 38°S (Figura 36). La inversión de las corrientes en primavera en ese sector de la plataforma (Figura 36) produce un transporte débil hacia el SW.

[Firma]

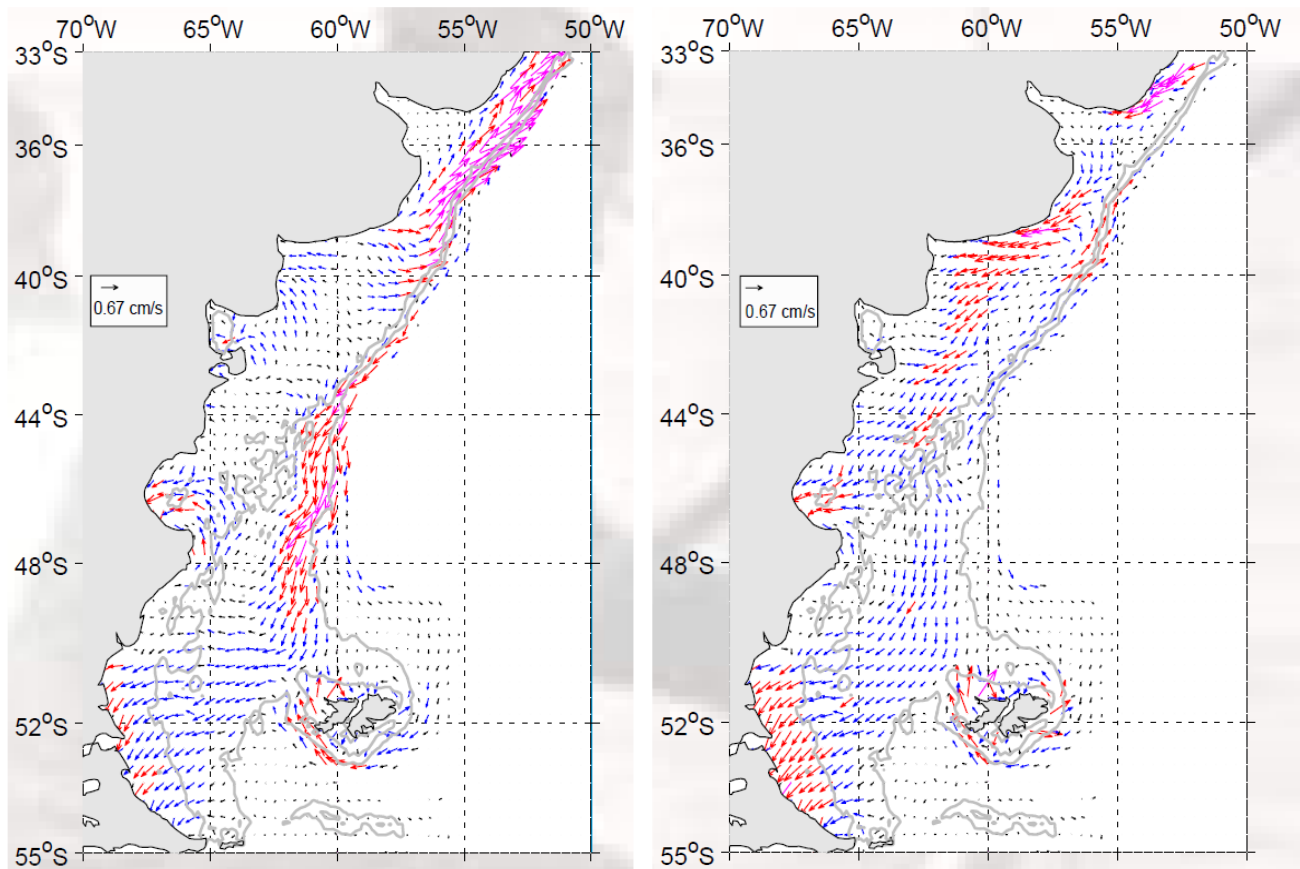


Figura 36. Corrientes de fondo en otoño (izquierda) y primavera (derecha). Los vectores magenta representan velocidades medias mayores que 1 cm/s, rojos entre 0,5 y 1 cm/s, azules entre 0,25 y 0,5 cm/s y negros menores que 0,25 cm/s. Las líneas grises representan las isobatas de 100 y 200 m.

Fuente: Palma et al., 2008.

Al norte de 41°S, la intensidad del viento se reduce hacia el norte y la dirección presenta variaciones estacionales significativas. Por otro lado, la precipitación excede a la evapotranspiración en aproximadamente 50 mm/año y la descarga continental más al norte es apreciable. Para el Río de la Plata se estima una descarga media anual de entre 15 y 20x10³ m³/s y en ocasiones extraordinarias puede duplicar este valor.

Según Piola y Rivas (1997) existen discrepancias en cuanto al sentido y la magnitud de las corrientes en la región. Los modelos numéricos que incluyen el efecto del viento medio y del campo de masa, indican la existencia de un flujo medio hacia el NNE con velocidades superficiales del orden de 0,10 m/s entre la costa y el talud. Sin embargo, en ocasiones, la influencia de las aguas del Río de la Plata se manifestaría también hacia el sur hasta la latitud de Mar del Plata.

Analizando datos biológicos y ambientales, Balech (1949, 1965, 1971) también infiere un flujo hacia el NNE, pero propuso la existencia de una contracorriente hacia el SSW en verano a la que denominó Deriva Cálida Costera.

[Firma manuscrita]

También Boltovskoy (1970, 1981) sugiere que la presencia de aguas cálidas en el litoral bonaerense se restringe al norte de los 40°S y que la misma se debe principalmente al calentamiento estacional. La aparición de especies subtropicales en la región costera se debería a la penetración de una rama occidental de aguas subtropicales al oeste de la Corriente de Malvinas que llegaría a la zona costera por efecto del viento y por *eddies* o remolinos.

Los campos de corriente media mensual en la zona de estudio se muestran en la Figura 37, Figura 38, Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42, Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46, Figura 47 y Figura 48.

Estos campos de corriente constituyen un producto del Programa Espacial COPERNICUS, ex GMES (Global Monitoring for Environment and Security), que es el Programa Europeo orientado a promover la capacidad europea para la Observación y Monitoreo de la Tierra. Se accede a este producto a través de la Plataforma "My Ocean".

En las mencionadas figuras, el polígono magenta corresponde al Bloque CAN 102 y el polígono blanco al Área de Adquisición.

Es posible observar una gran variabilidad en el campo de corrientes de la zona de interés, tanto en intensidad como en dirección, la cual está asociada a la dinámica de la confluencia de las corrientes de Brasil y de Malvinas.

Sobre la plataforma circulan las corrientes superficiales asociadas a los niveles superiores de la Corriente de Malvinas (rama de esta fuerte corriente que es desviada entre la plataforma patagónica y el Banco Burdoowd).

En el frente de talud, contorneando el borde de la plataforma continental, se distingue claramente la rama principal de la Corriente de Malvinas, con velocidades que alcanzan en algunos sectores valores de 0,8 m/s.

Frente a la provincia de Buenos Aires, al encontrarse con la corriente cálida de Brasil que fluye hacia el sur, la Corriente de Malvinas dibuja un brusco giro hacia el sur constituyéndose en la Corriente de retorno de Malvinas, con velocidades que llegan a 1,5 m/s.

Como producto de la alta dinámica de la confluencia se producen numerosos meandros y *eddies* (remolinos) de gran escala, desprendimientos de las dos corrientes que generan intrusioniones de una masa de agua cálida (Corriente de Brasil) en una masa de agua fría (Corriente de Malvinas) y viceversa.

La zona está caracterizada por variaciones estacionales significativas, ya que el encuentro de las corrientes de Brasil y de Malvinas se produce hacia el norte o hacia el sur según la estación del año.



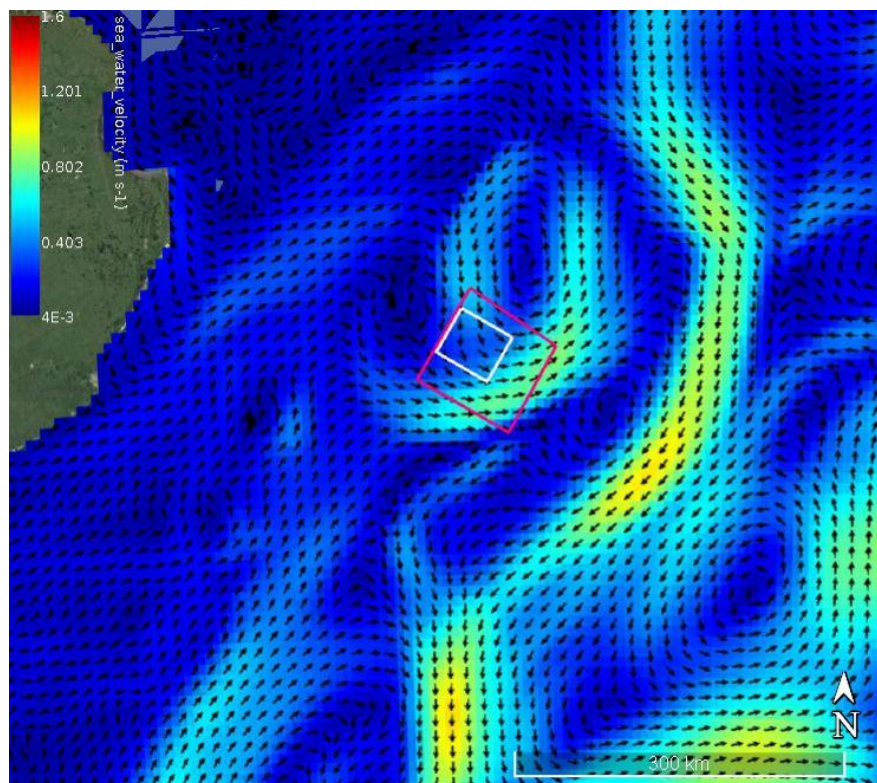


Figura 37. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de enero. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

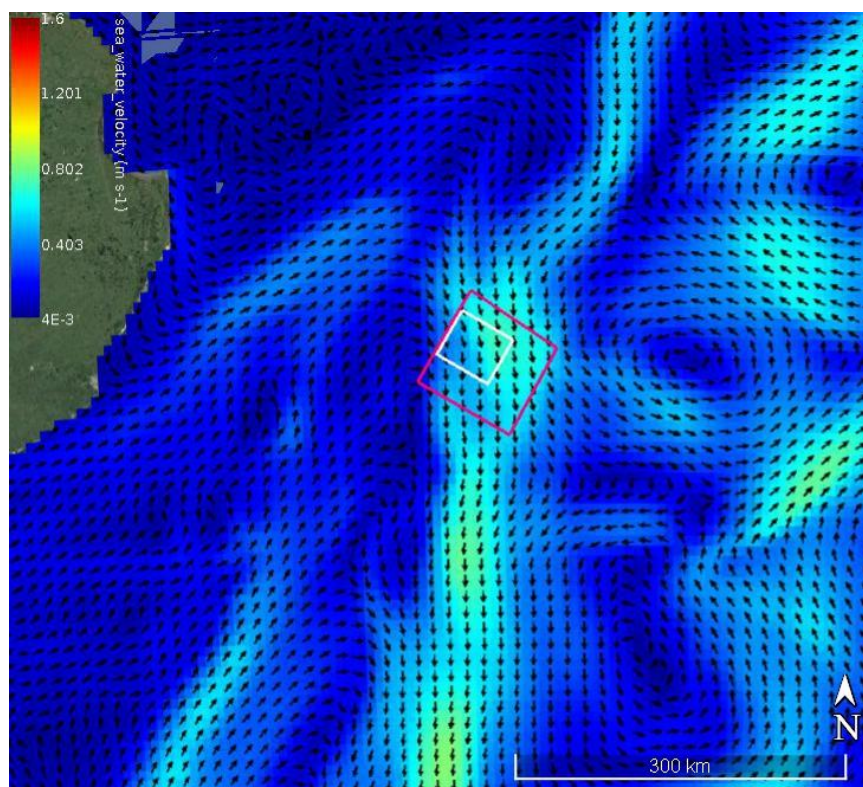


Figura 38. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de febrero. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

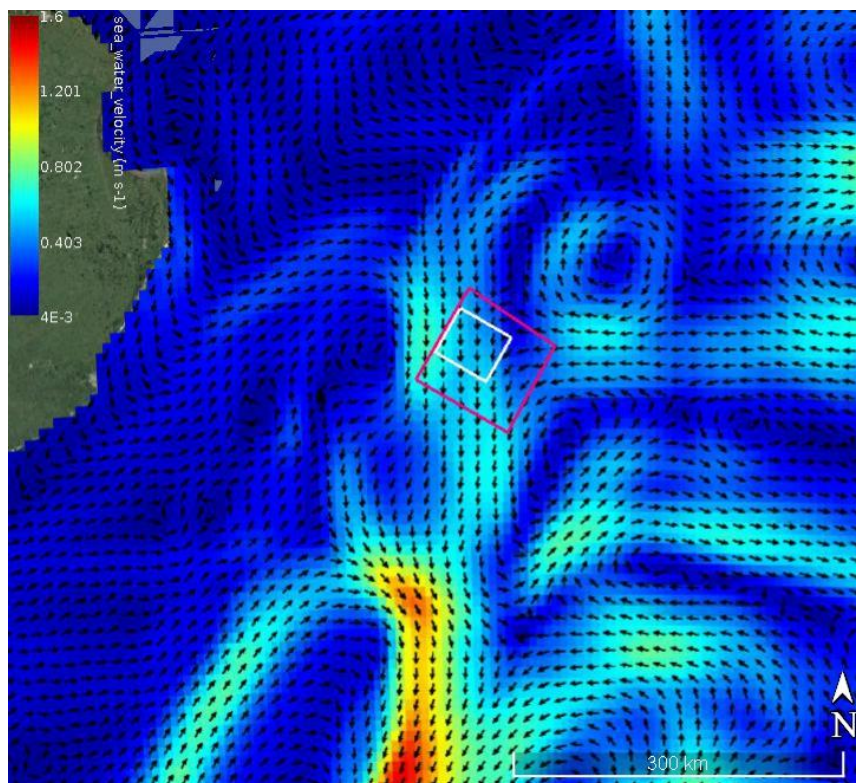


Figura 39. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de marzo. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

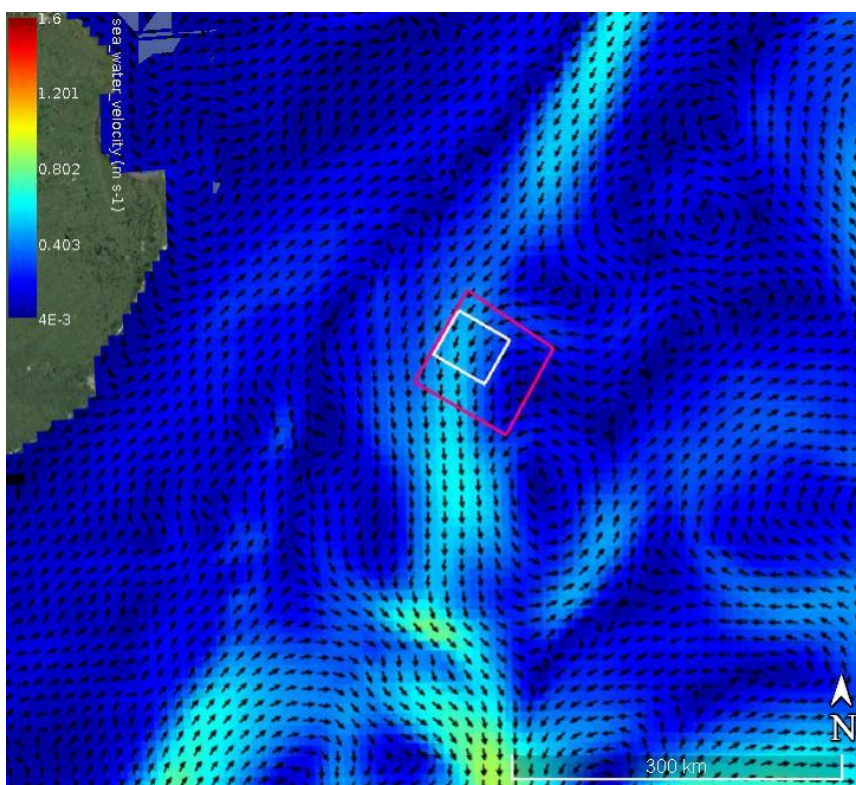


Figura 40. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de abril. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

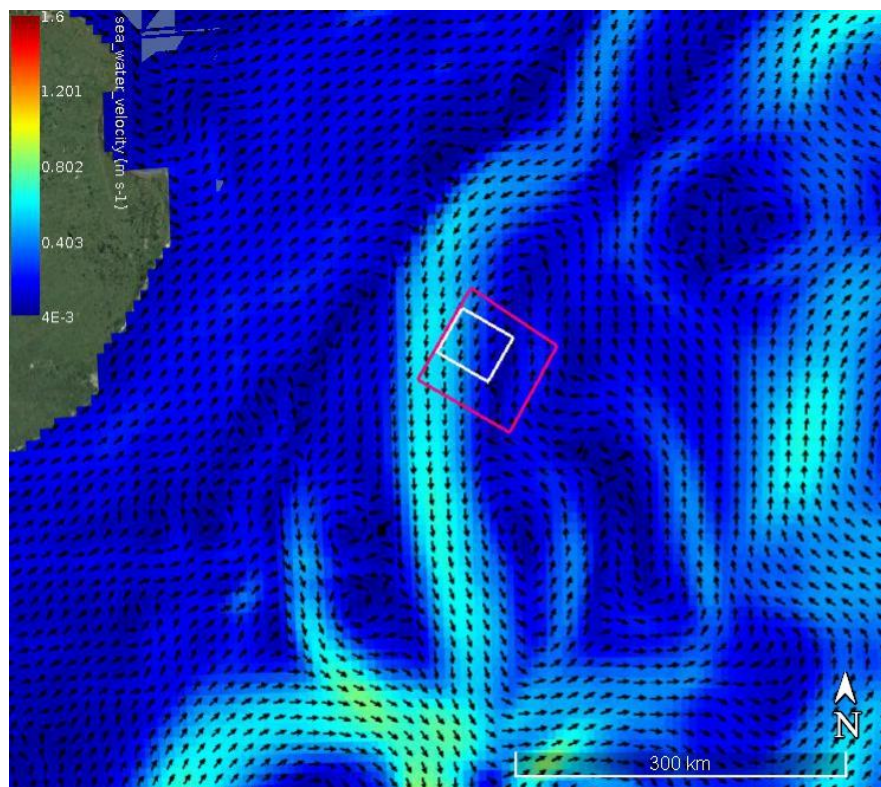


Figura 41. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de mayo. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

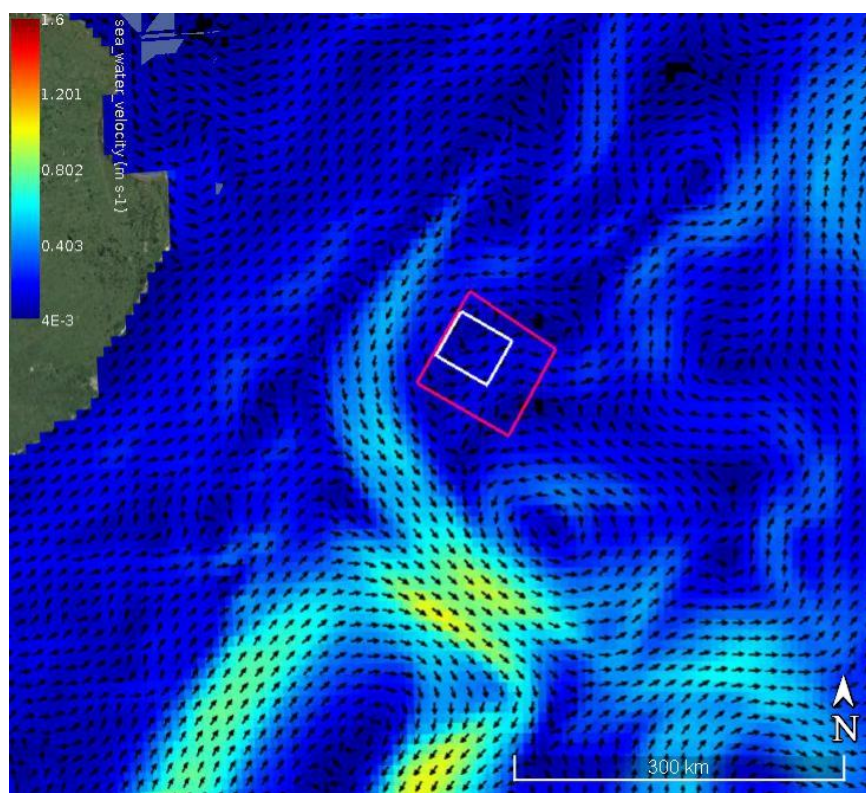


Figura 42. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de junio. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

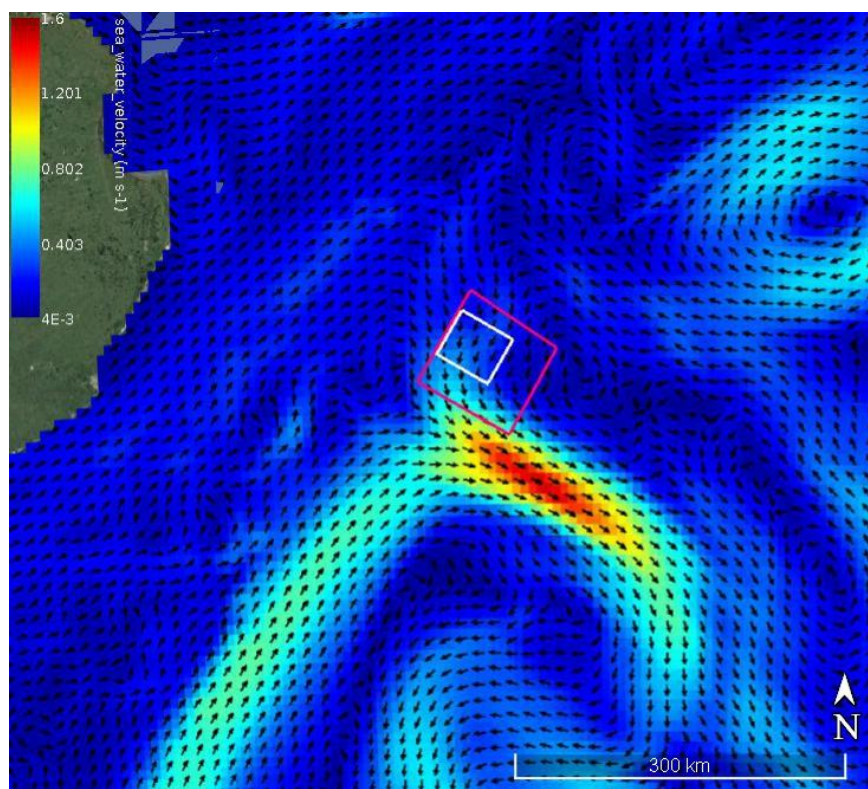


Figura 43. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de julio. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

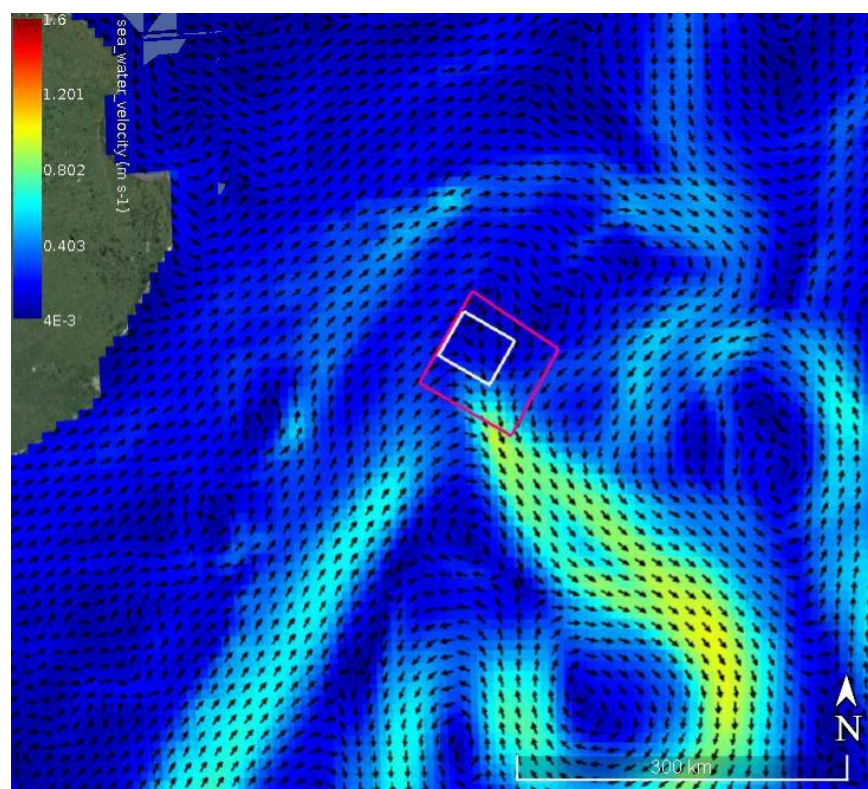


Figura 44. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de agosto. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

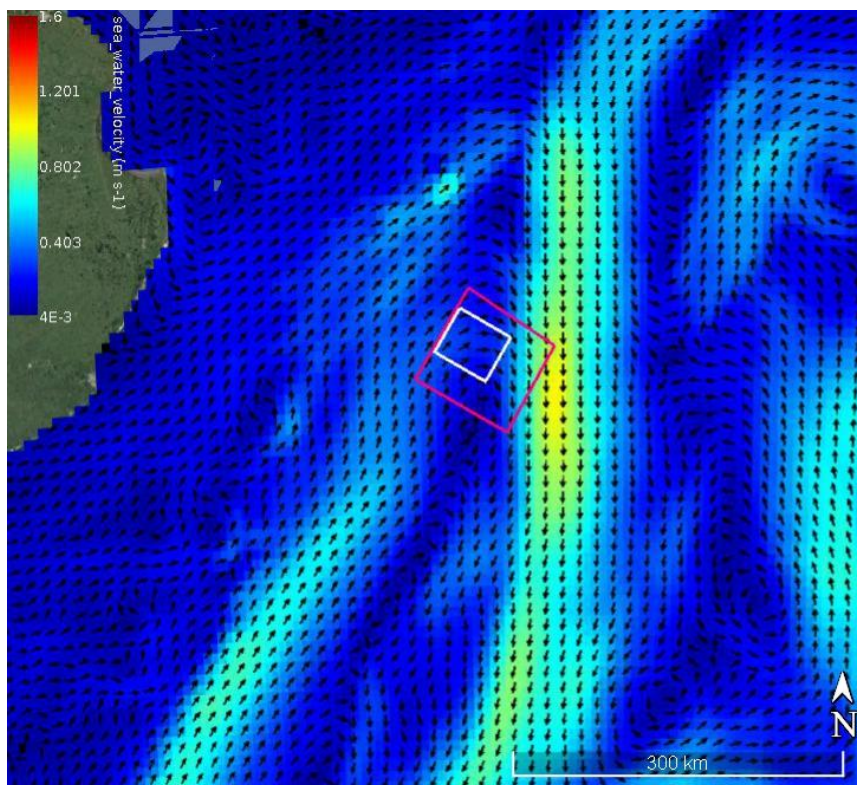


Figura 45. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de septiembre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

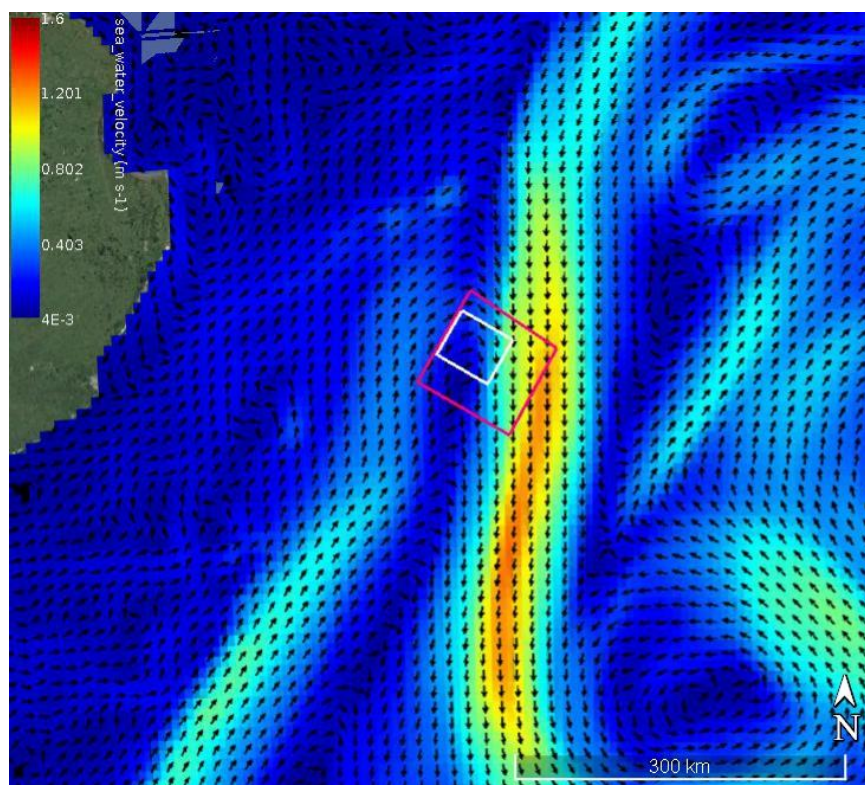


Figura 46. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de octubre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

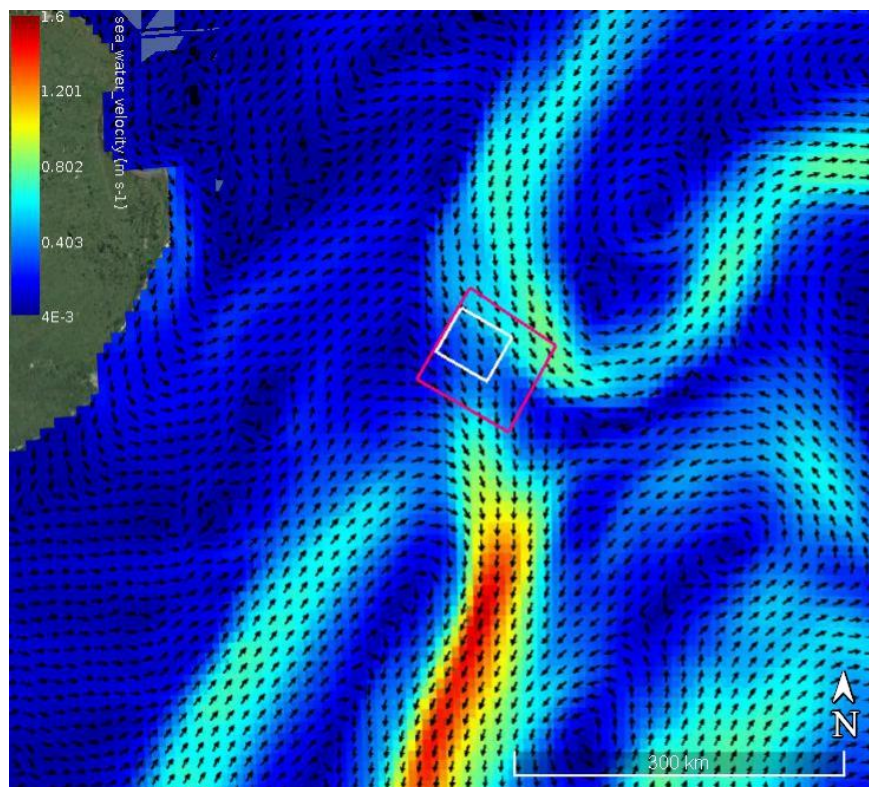


Figura 47. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de noviembre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

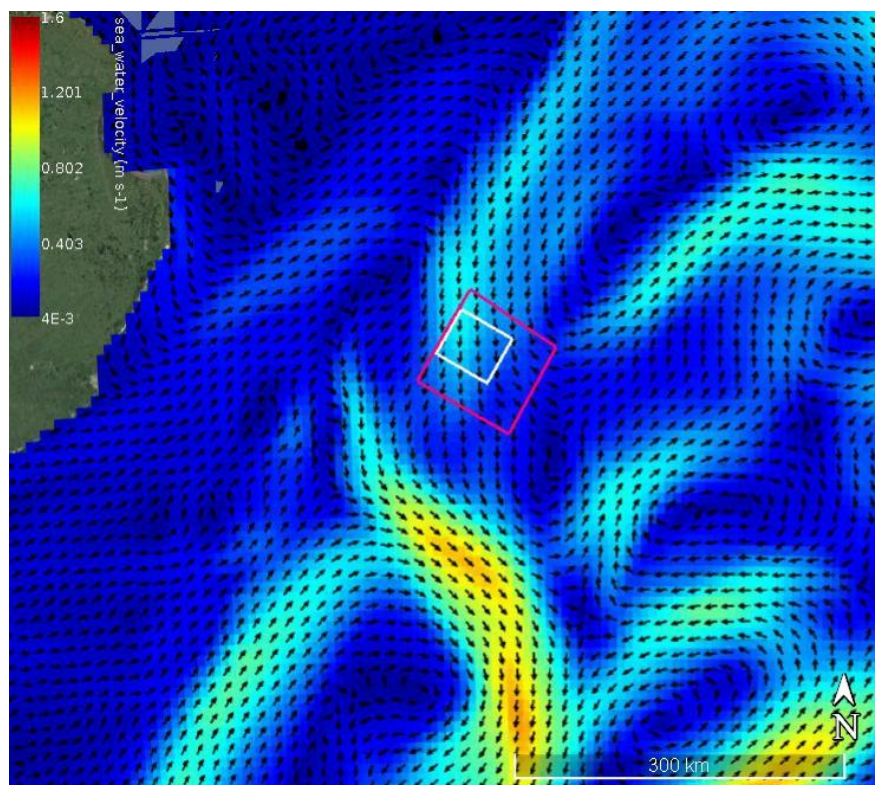


Figura 48. Velocidad media en superficie (m/s) para el mes de diciembre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

Para el análisis del campo de corrientes en el Bloque CAN 102 y alrededores se utilizó la base de datos GlobCurrent, desarrollada por el instituto de investigación francés IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer). La misma incluye la corriente geostrofica superficial, la corriente de Ekman en la superficie y a 15 m de profundidad, así como la corriente combinada geostrofica y de Ekman. Los datos se interpolan y colocan en una cuadrícula común con una resolución espacial de 25 km y temporal de 1 día para la corriente geostrofica y tres horas para la corriente de Ekman y la corriente combinada. Cubre el período de 23 años desde enero de 1993 hasta mayo de 2016.

Para el presente estudio se extrajo la componente combinada de la corriente para las profundidades hs (superficie) y 15 m, como se muestra en las siguientes fórmulas:

$$u_{\text{combined}}(z = hs) = u_{\text{geost}} + u_{\text{ek}}(z = hs)$$

$$u_{\text{combined}}(z = 15m) = u_{\text{geost}} + u_{\text{ek}}(z = 15m)$$

A su vez, la agencia meteorológica japonesa en su página web tiene los registros para los años NIÑO/NIÑA desde 1950. De la misma se extrajo la Figura 49 que presenta, siguiendo el índice NIÑO 3, la desviación de la temperatura superficial del mar, indicando qué año corresponde a un año NIÑO (rojo) y cuál a un año NIÑA (azul).

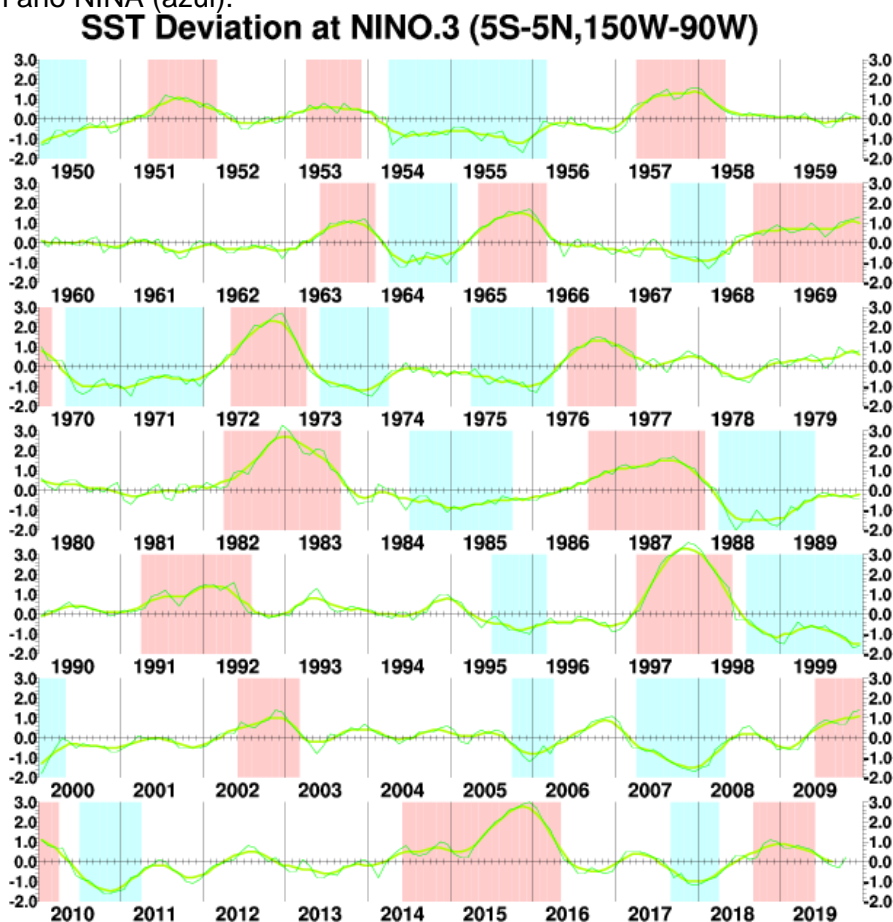


Figura 49. Desviación de la SST (temperatura superficial del mar) para el NIÑO 3, período 1950 a 2019. En rojo se indican los años NIÑO (desviación positiva) y en azul los años NIÑA (desviación negativa).

Fuente: <http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/elnino/ensoevents.html>.



Teniendo esto en cuenta, se decidió elegir el año 2013 para representar las corrientes en el Bloque CAN 102 con los datos de IFREMER. Se realizó esta elección debido a que se buscaba representar un año neutro, libre de la influencia del fenómeno del NIÑO/NIÑA.

A continuación, en la Figura 50, Figura 51, Figura 52, Figura 53, Figura 54, Figura 55, Figura 56, Figura 57, Figura 58, Figura 59, Figura 60, Figura 61 y Figura 62 se muestran los campos de corrientes en superficie (hs) y a 15 metros de profundidad para todo el año 2013 cada 15 días.

Es posible observar una gran variabilidad de la corriente, tanto en intensidad como en dirección, asociada a la dinámica de la confluencia de las corrientes de Brasil y de Malvinas.

En la Figura 63 se superpuso el campo de corrientes correspondiente al 1/1/2013 (a título de ejemplo) con la batimetría de la región.



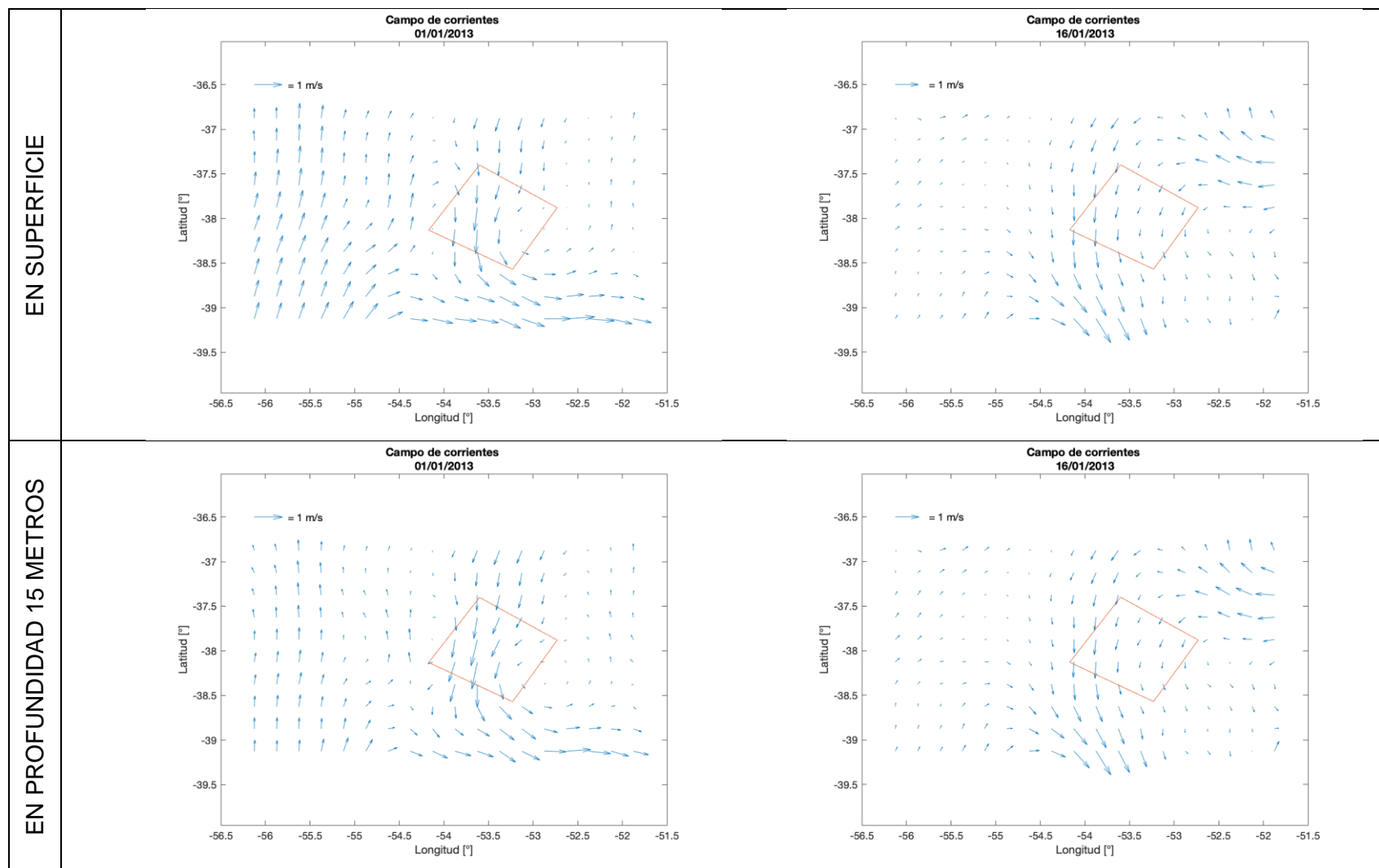


Figura 50. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 1/1 y 16/1 de 2013.

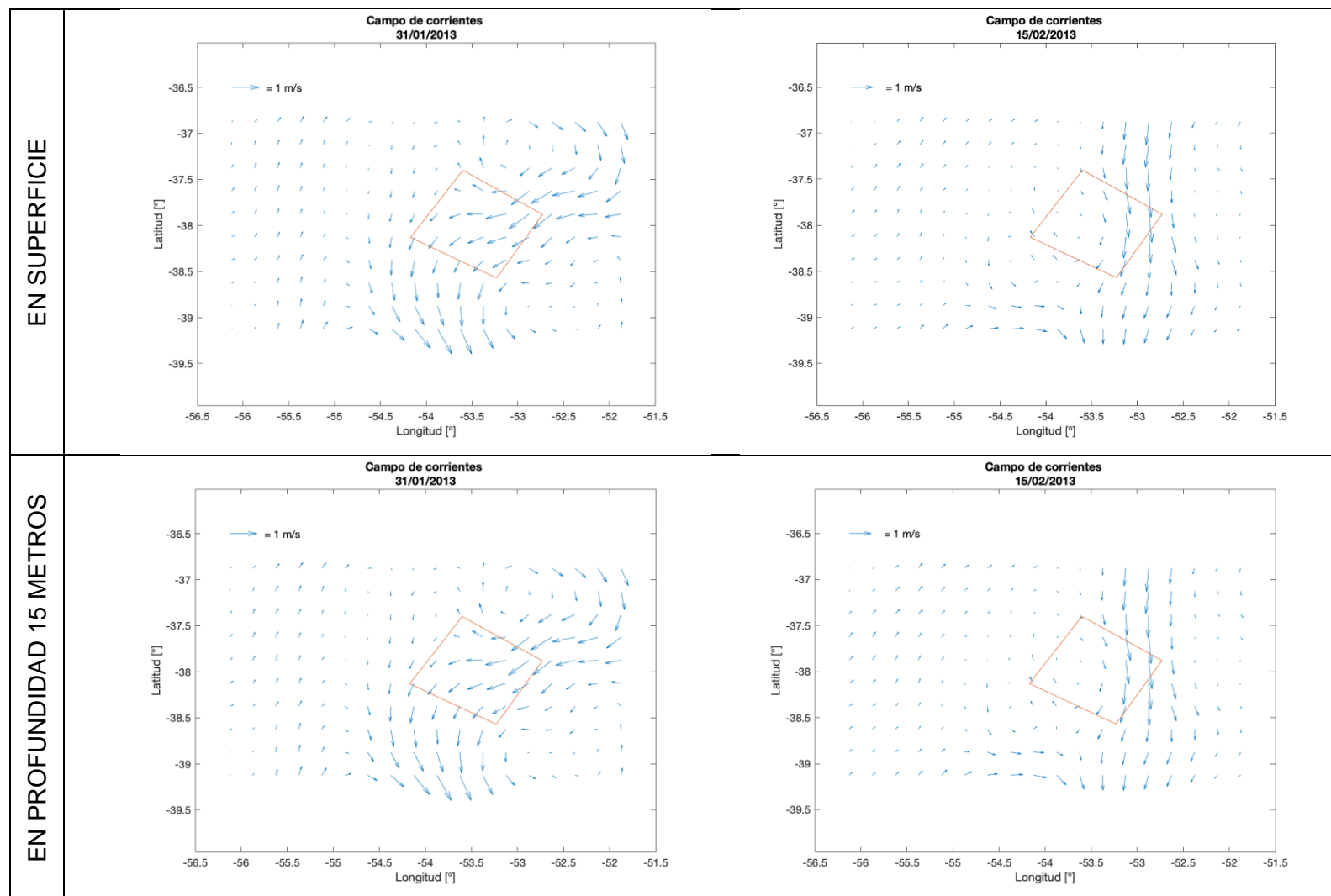


Figura 51. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 31/1 y 15/2 de 2013.



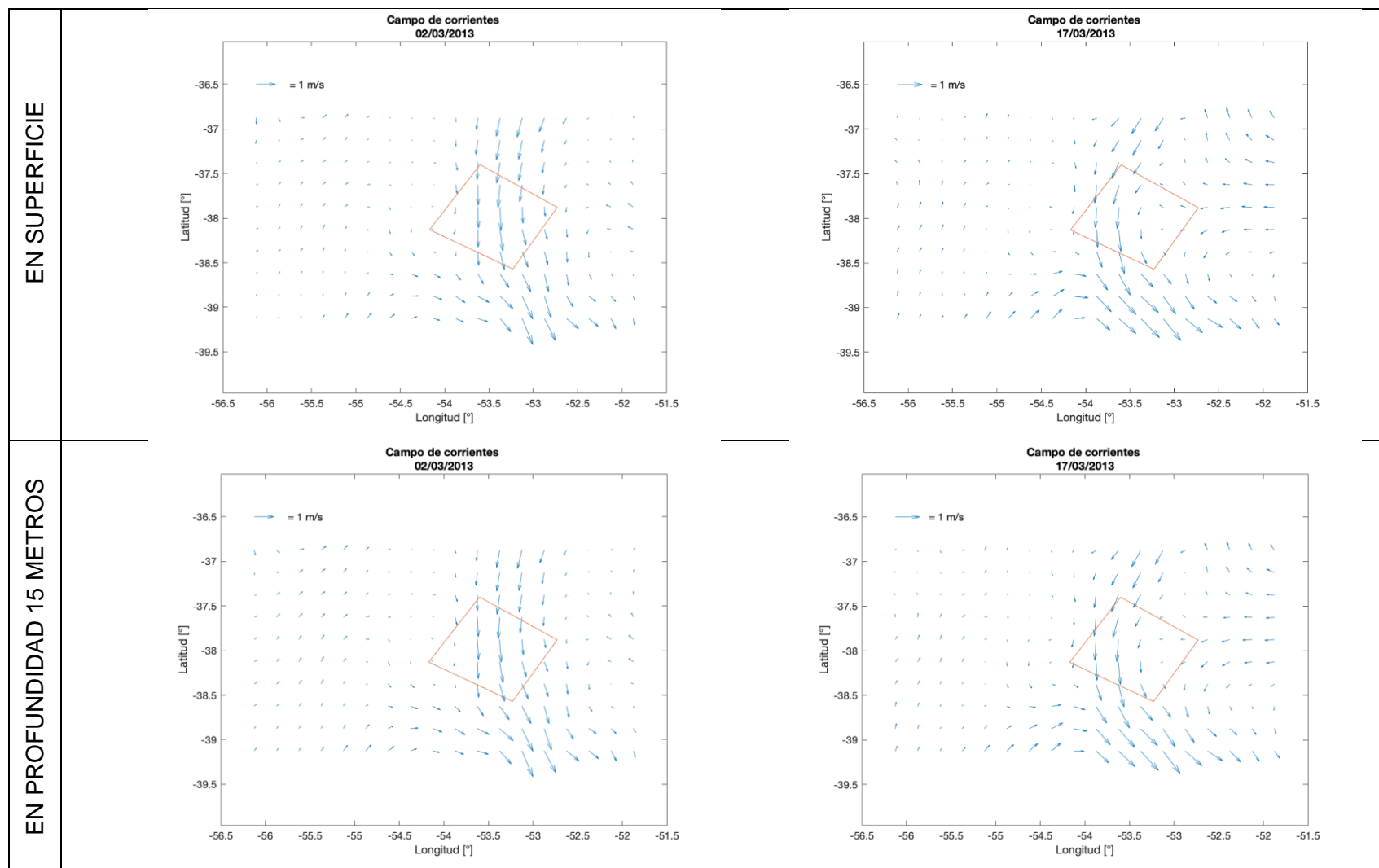


Figura 52. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 2/3 y 17/3 de 2013.

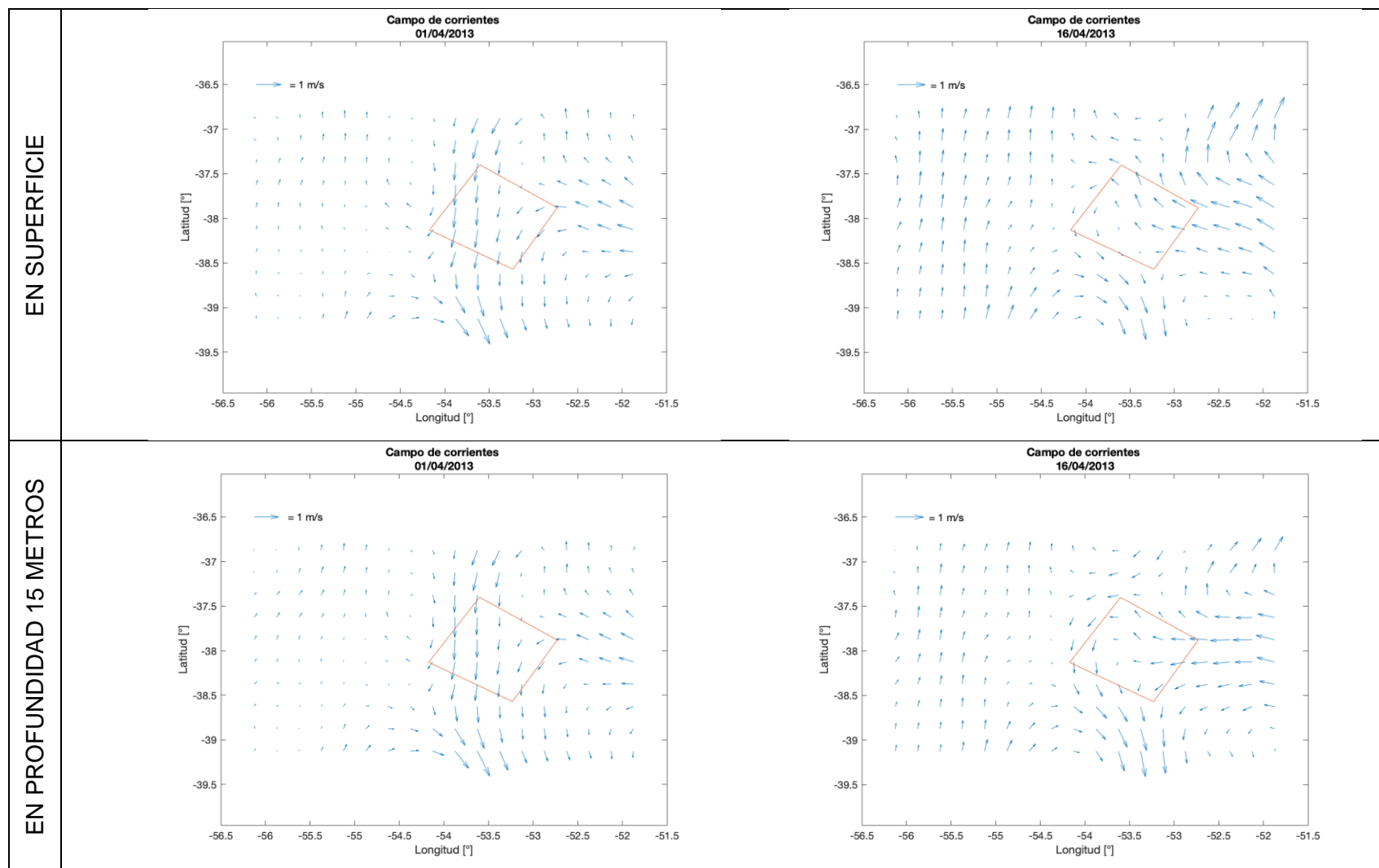


Figura 53. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 1/4 y 16/4 de 2013.

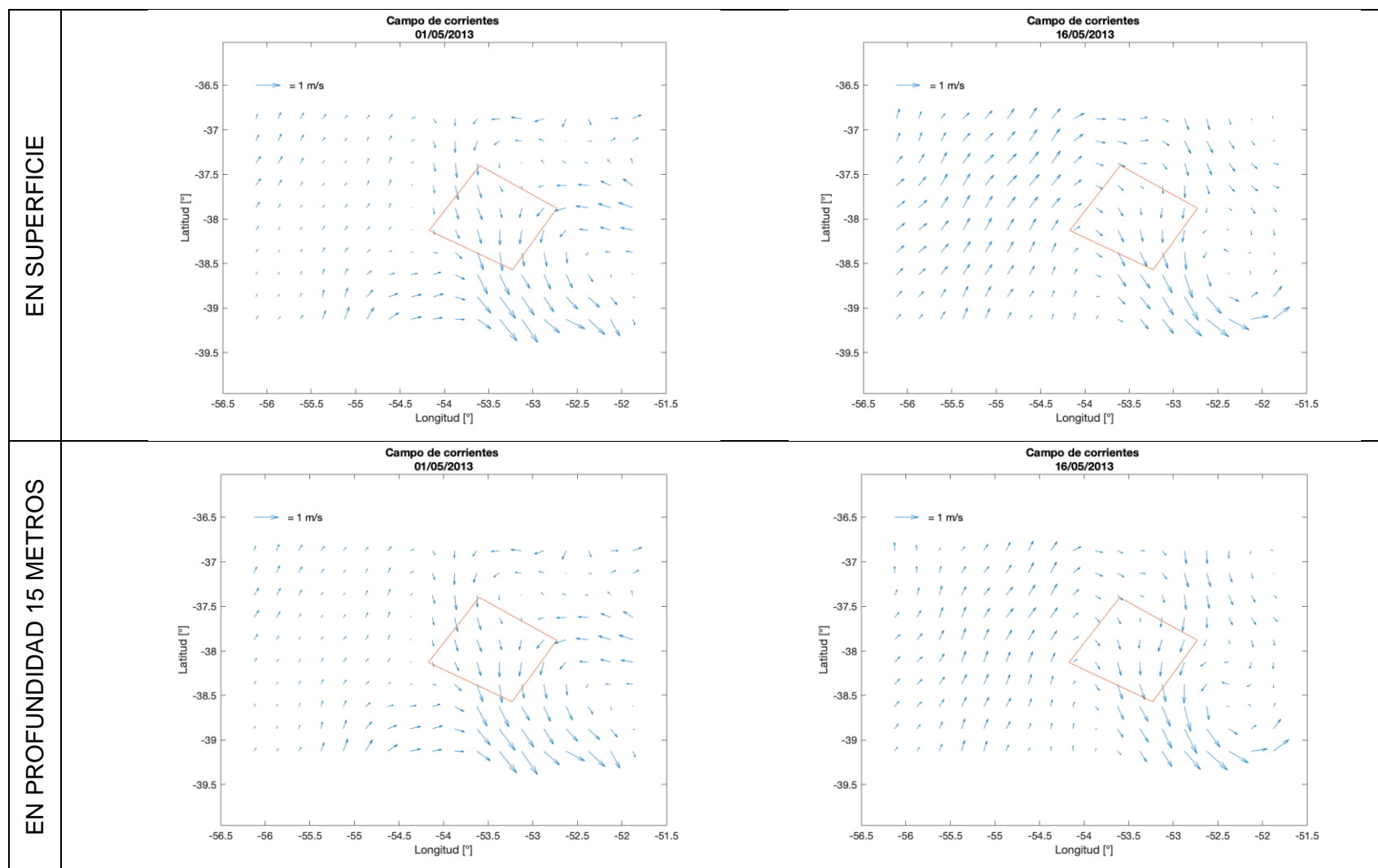


Figura 54. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 1/5 y 16/5 de 2013.

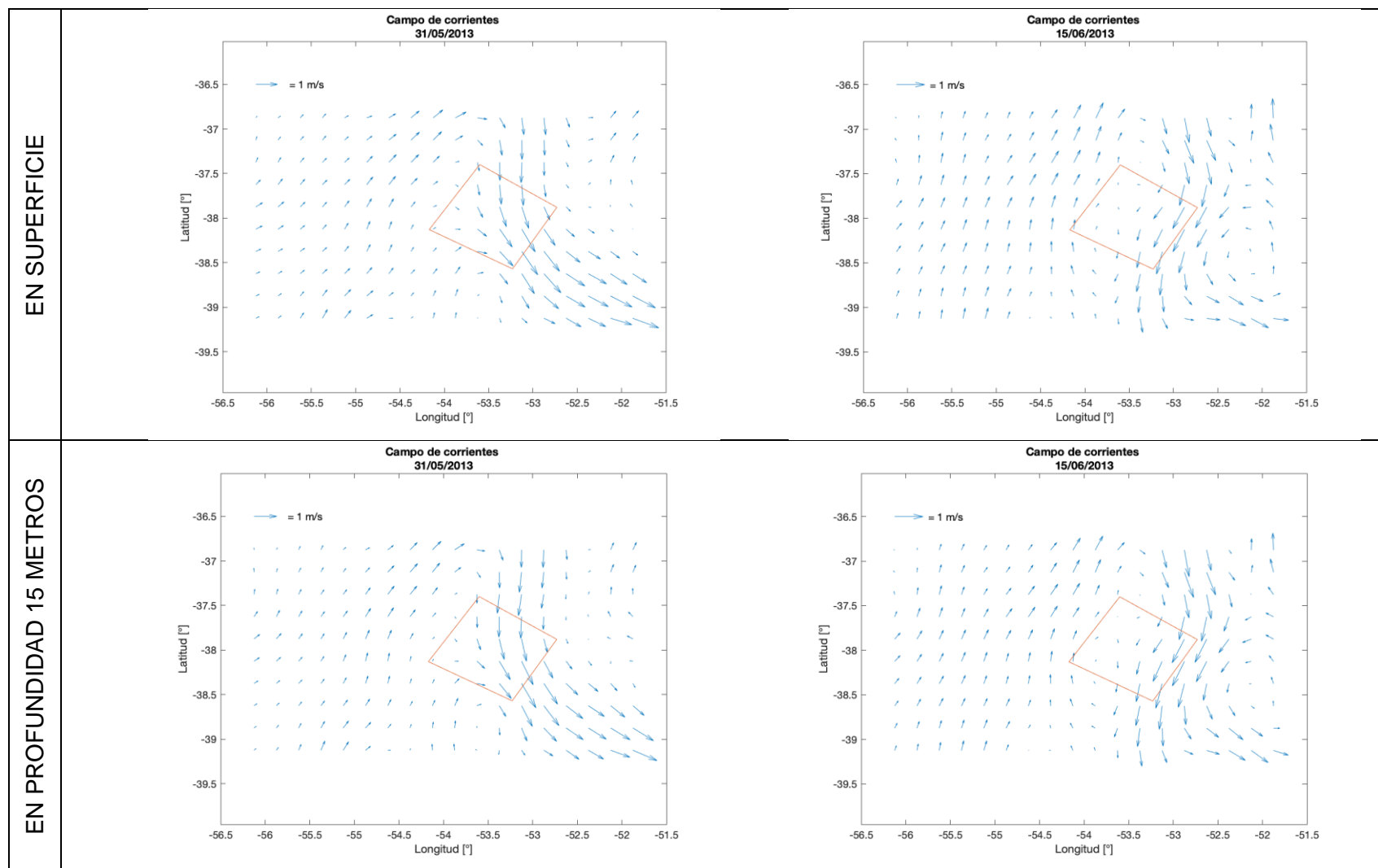


Figura 55. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 31/5 y 15/6 de 2013.

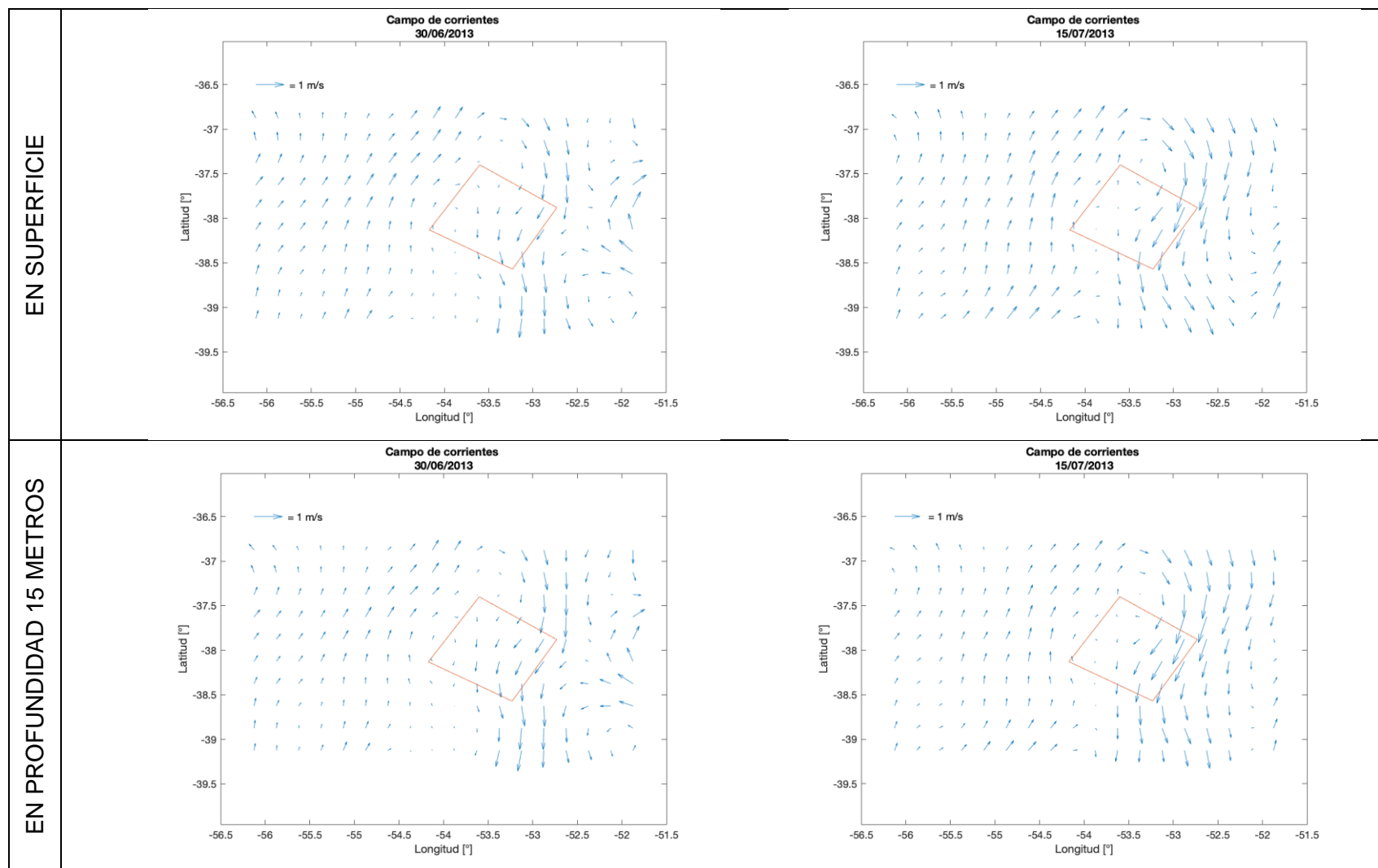


Figura 56. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 30/6 y 15/7 de 2013.

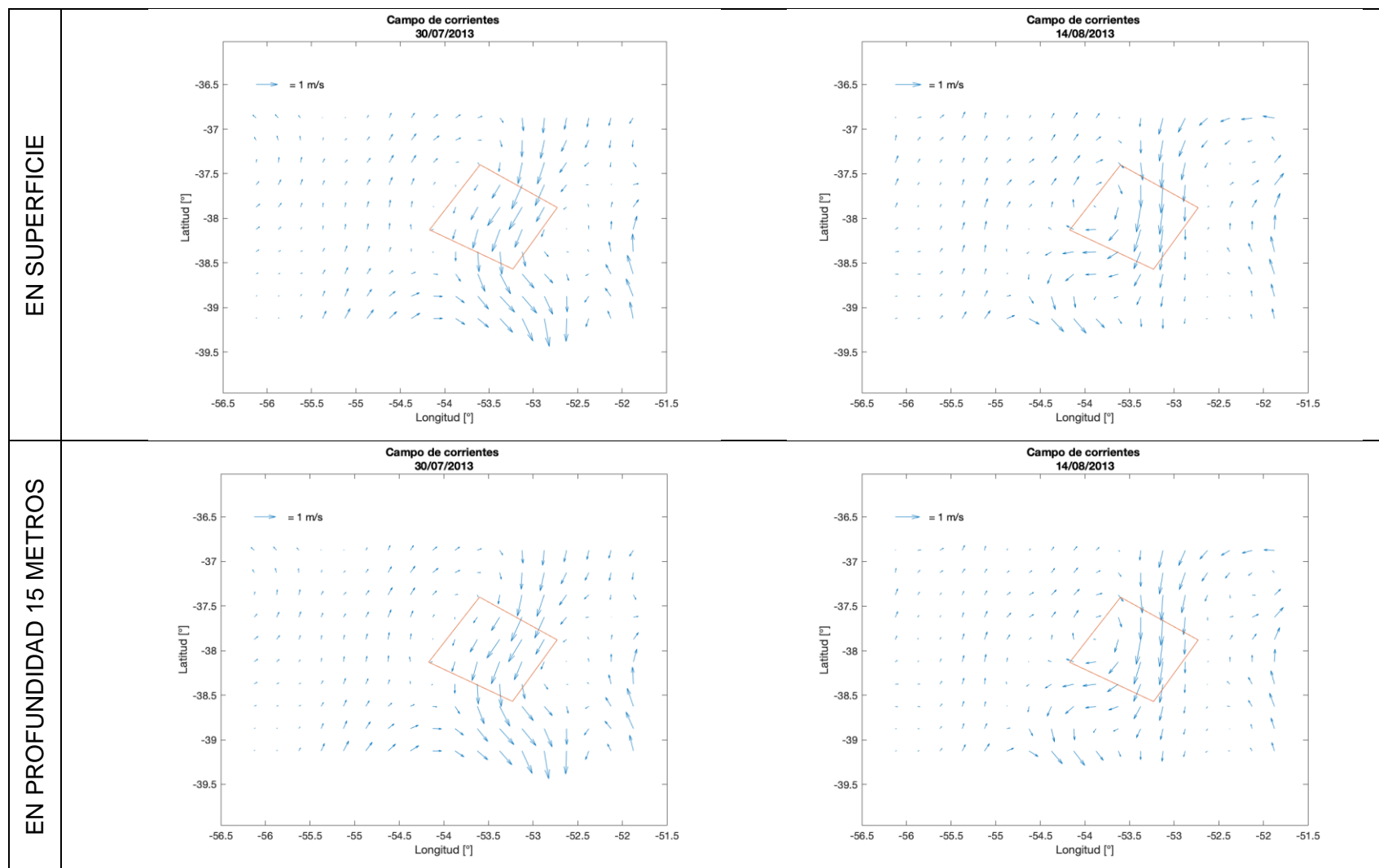


Figura 57. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 30/7 y 14/8 de 2013.

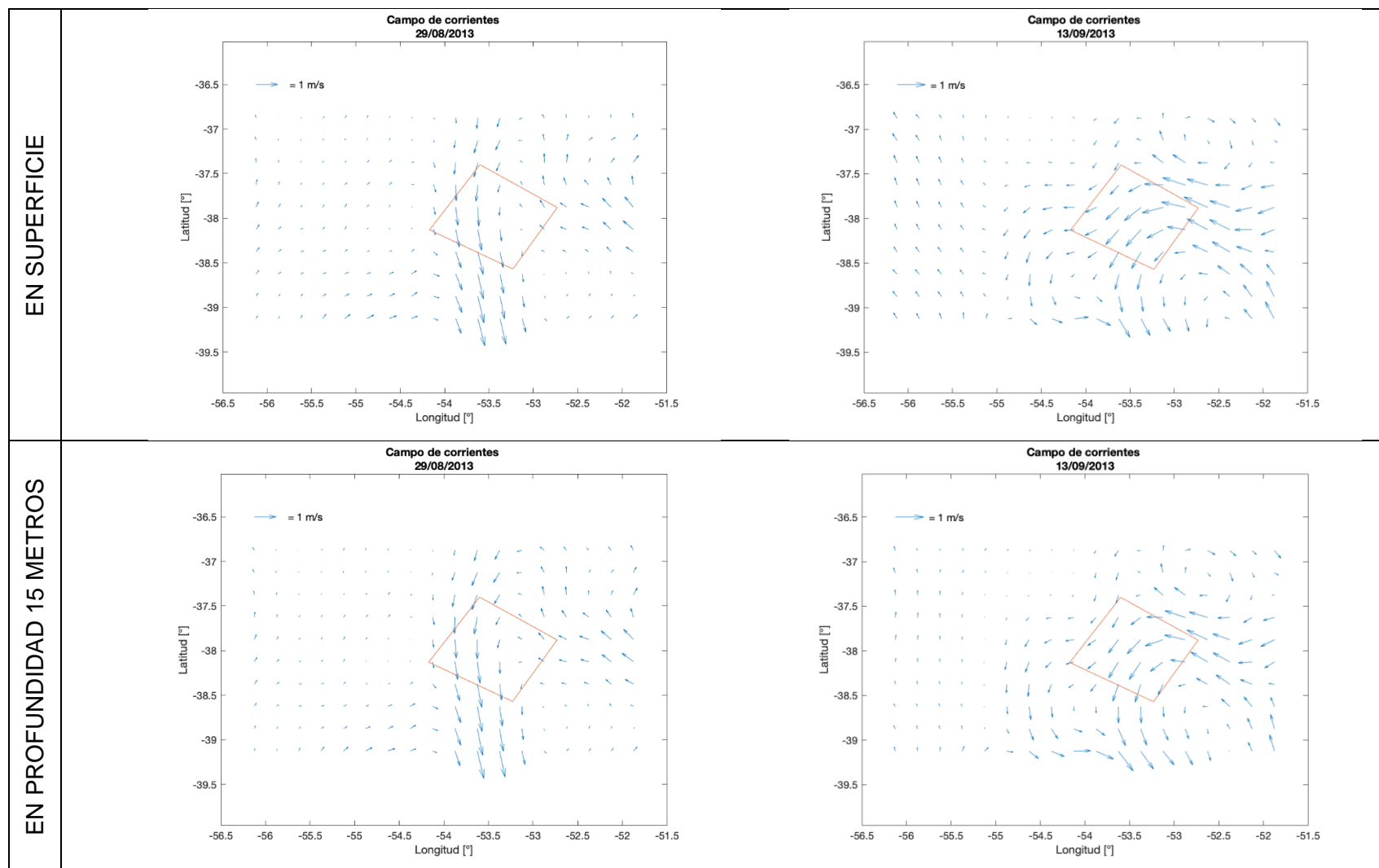


Figura 58. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 29/8 y 13/9 de 2013.

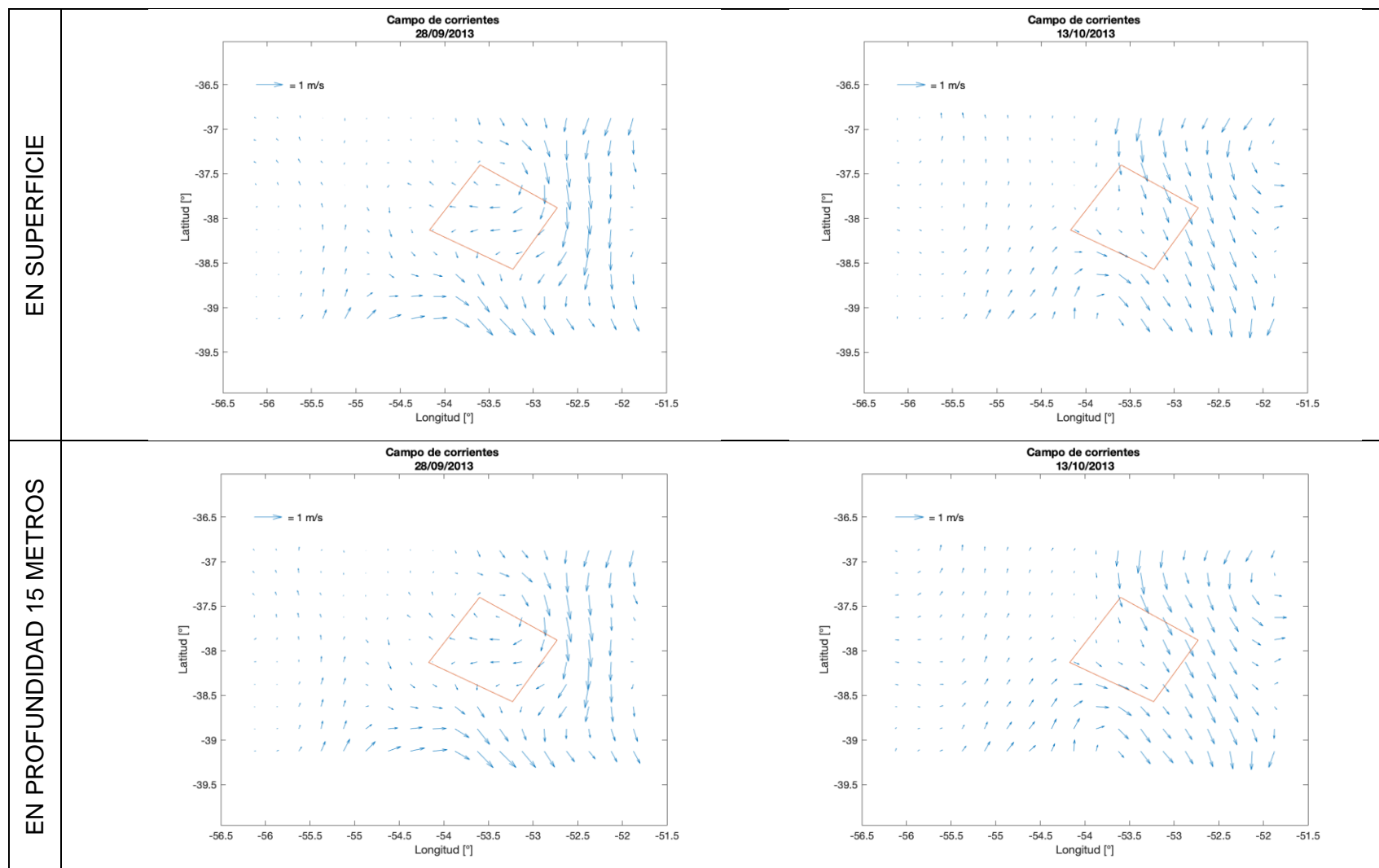


Figura 59. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 28/09 y 13/10 de 2013.

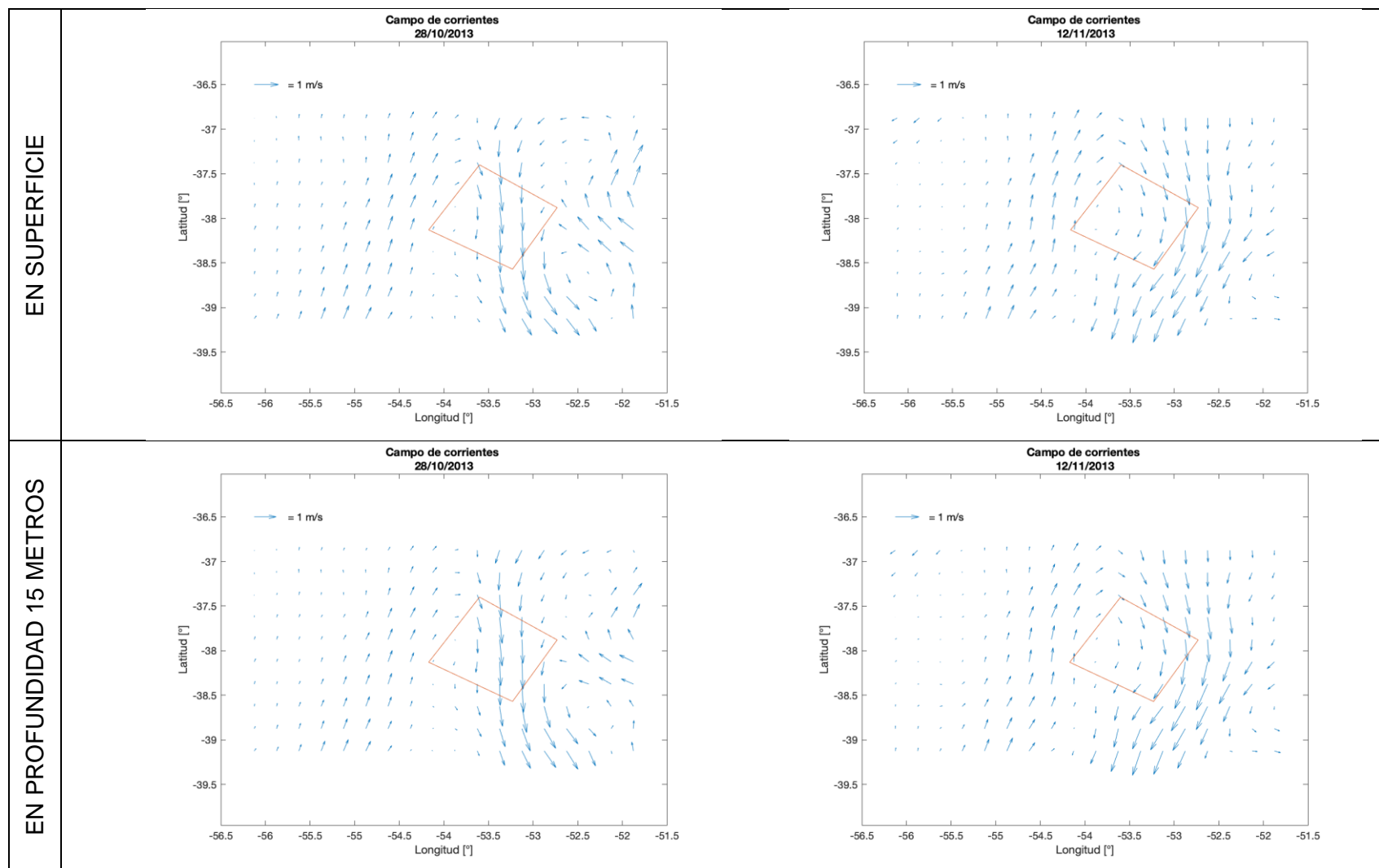


Figura 60. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 28/10 y 12/11 de 2013.

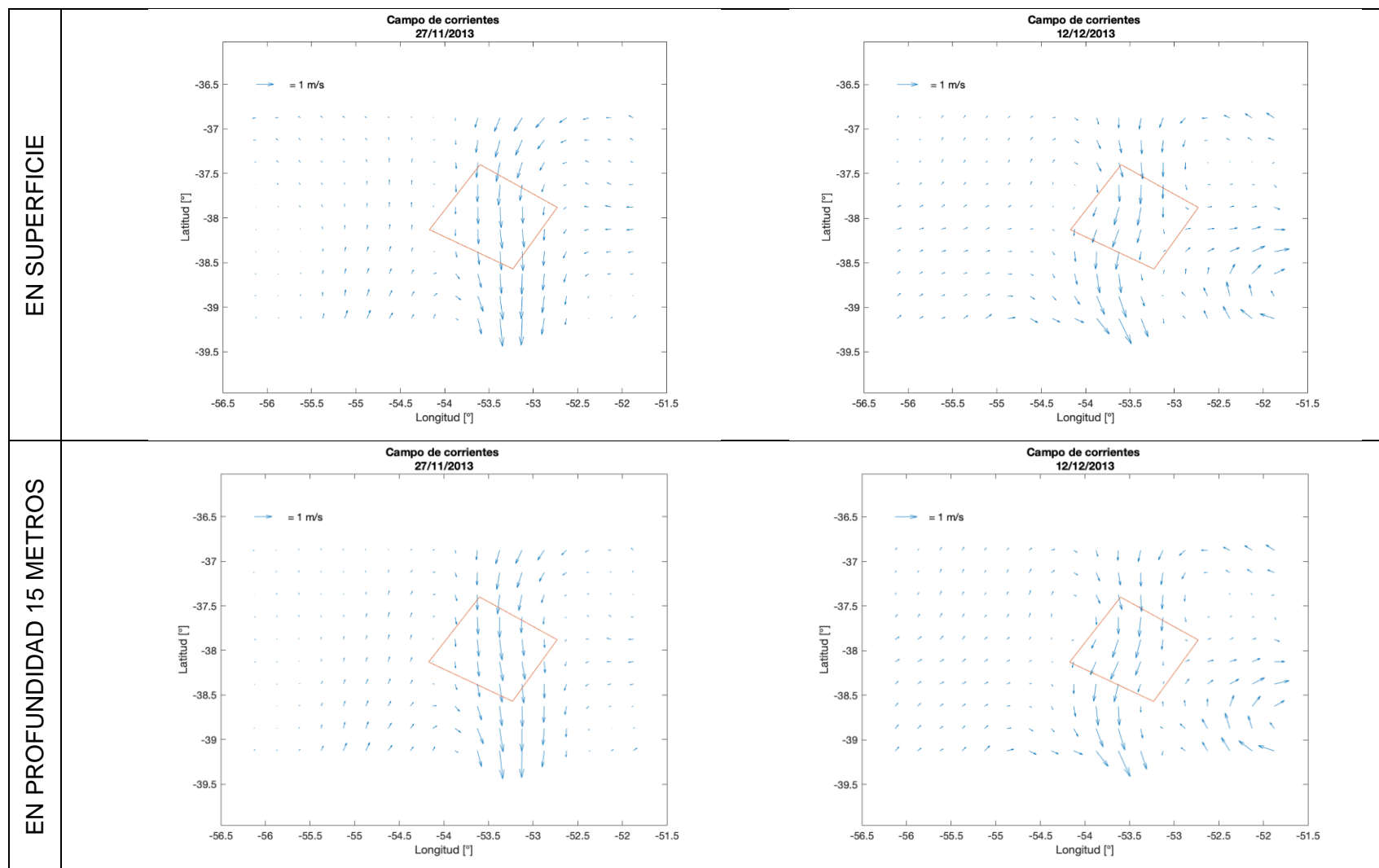


Figura 61. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 27/11 y 12/12 de 2013.

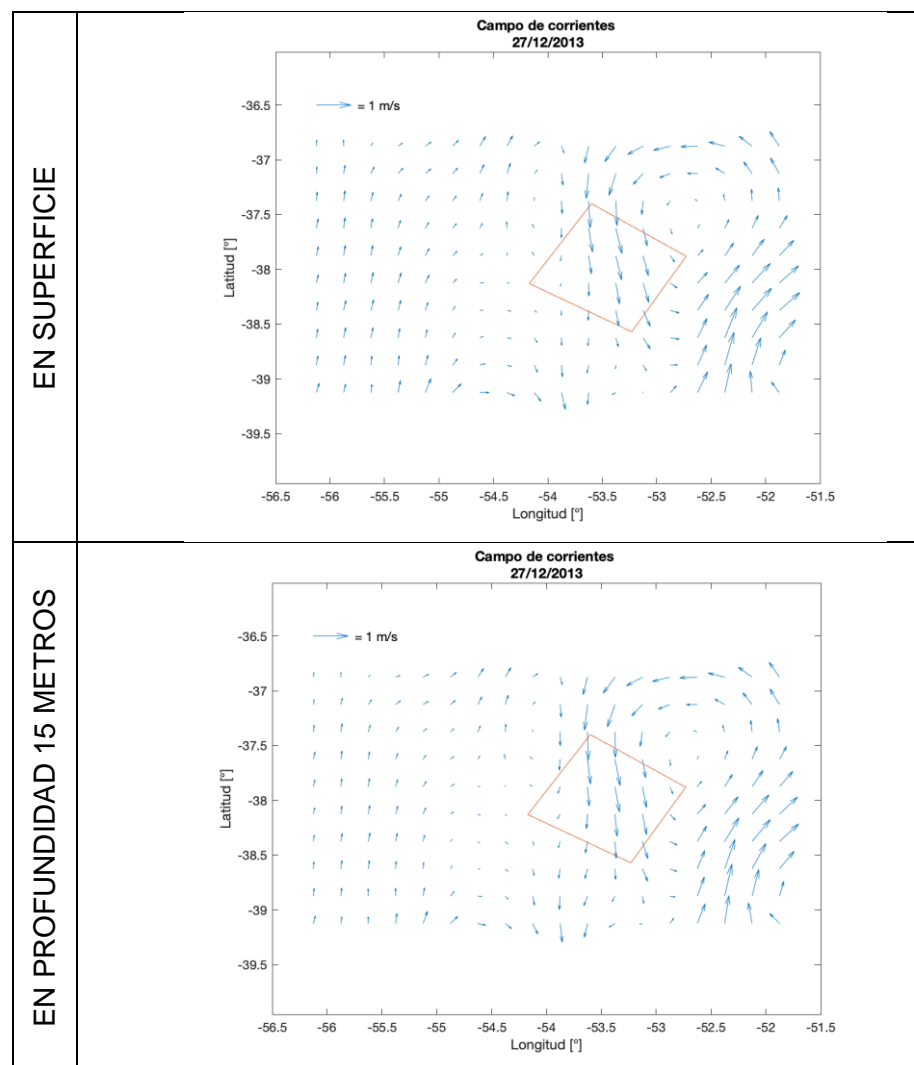


Figura 62. Campos de corrientes superficiales y a 15 m de profundidad en el Bloque CAN 102 (en rojo) de la base de datos IFREMER, 27/12/2013.

Ing. MARIANO MICULICICH
Director
SERMAN & ASOCIADOS S.A.

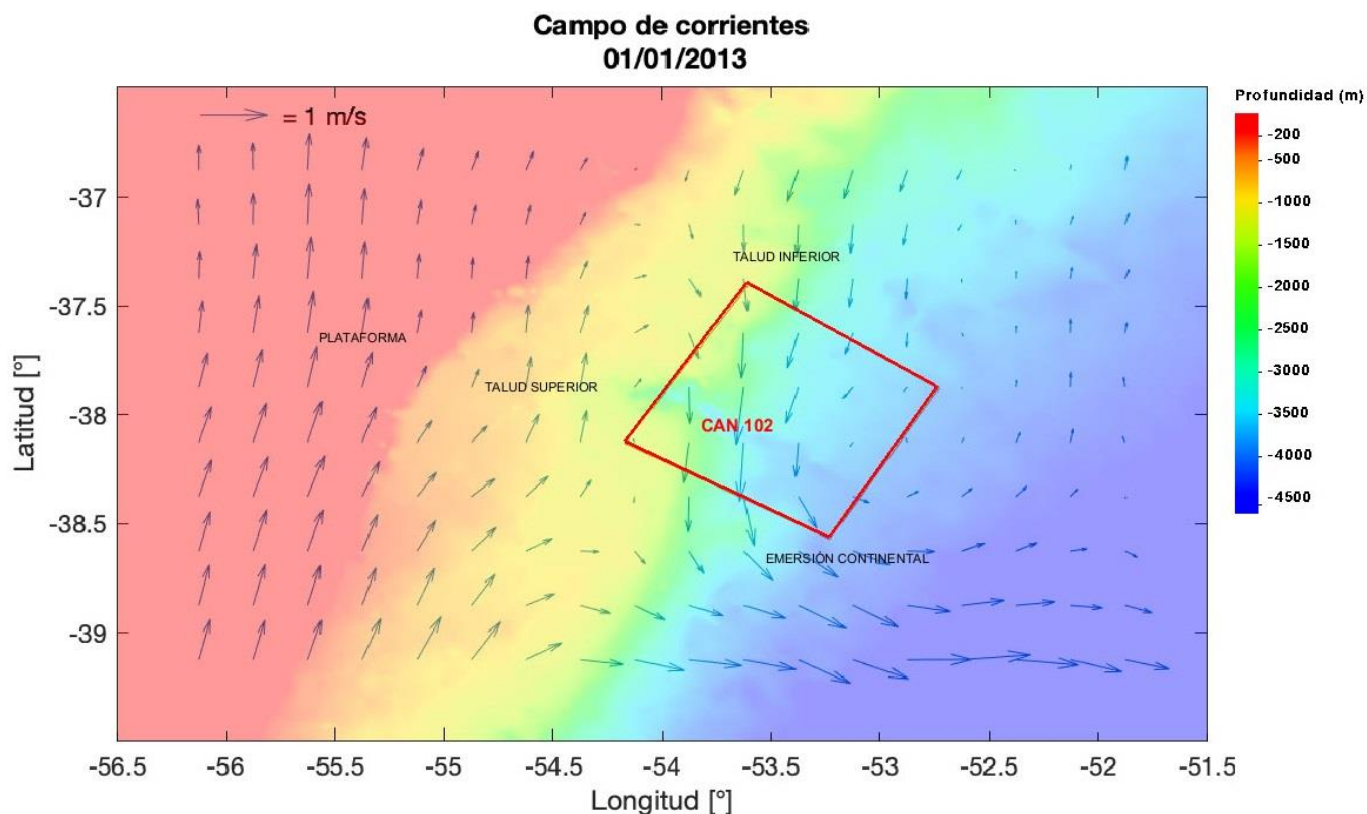


Figura 63. Campo de corrientes correspondiente al 1/1/2013 (a título de ejemplo), superpuesto a la batimetría de la región correspondiente al Bloque CAN 102 (en color rojo). Fuente: base global de datos GEBCO “The General Bathymetric Chart of the Oceans”:
https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

A continuación, se presenta un análisis de las series temporales de corriente correspondientes a cuatro nodos de la base de datos IFREMER.

En la Figura 64 se muestra su ubicación: plataforma continental (1), con profundidades menores a 100 m; talud superior (2), con profundidades del orden de los 1.000 m; talud inferior (3), en cercanías del cañón submarino Mar del Plata, con profundidades en torno a los 2.500 m; y emersión continental (4), a una profundidad de 3.700 m. Dentro del Bloque CAN 102 se encuentran los nodos 3 y 4.



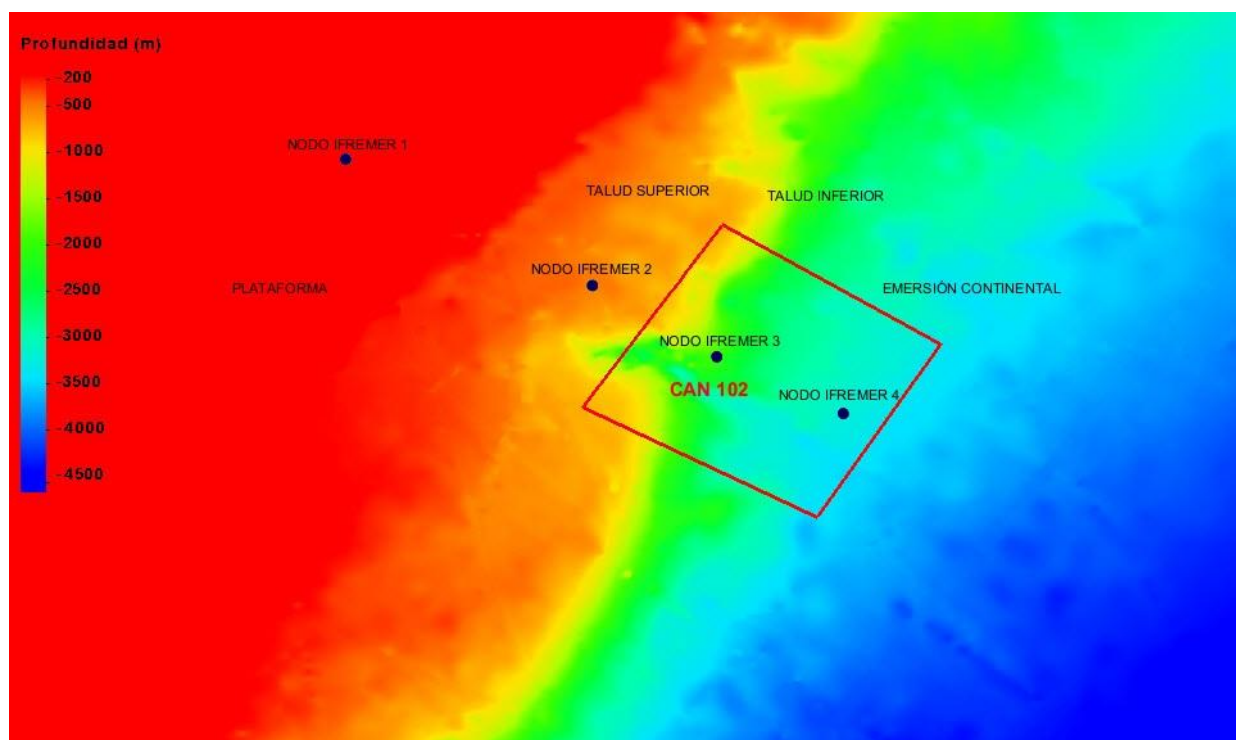


Figura 64. Ubicación de los nodos de la base de datos IFREMER analizados, sobre la batimetría de la zona de estudio (Bloque CAN 102 en color rojo). Fuente de la batimetría: base global de datos GEBCO “The General Bathymetric Chart of the Oceans”:
https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

En la Figura 65 se presentan las distribuciones direccionales de la corriente para todo el año mencionado 2013 (con datos cada 3 horas) en los cuatro nodos IFREMER analizados.

Es posible observar que, para todo el año 2013 analizado, en la zona de la plataforma continental (nodo 1) la corriente se dirige hacia el NNE y ENE; en la zona del talud superior (nodo 2) la corriente predominante oscila entre la dirección NE y la dirección S; en la zona del talud inferior (nodo 3), ya dentro del Bloque CAN 102, la corriente es predominantemente hacia el S, con participación de las direcciones SSO y SSE; y en zona de la emersión continental (nodo 4, también dentro del Bloque CAN 102), la corriente es hacia el SSO y S con participación de la dirección SSE.

En el nodo 1 sobre la plataforma, las velocidades hacia el NNE y ENE corresponden a las corrientes superficiales asociadas a los niveles superiores de la Corriente de Malvinas (rama de esta fuerte corriente que es desviada entre la plataforma patagónica y el Banco Burdwood).

En los nodos 3 (principalmente) y 4, la predominancia de la corriente hacia el cuadrante sur está relacionada con la presencia de la corriente de retorno de Malvinas y de la Corriente de Brasil.



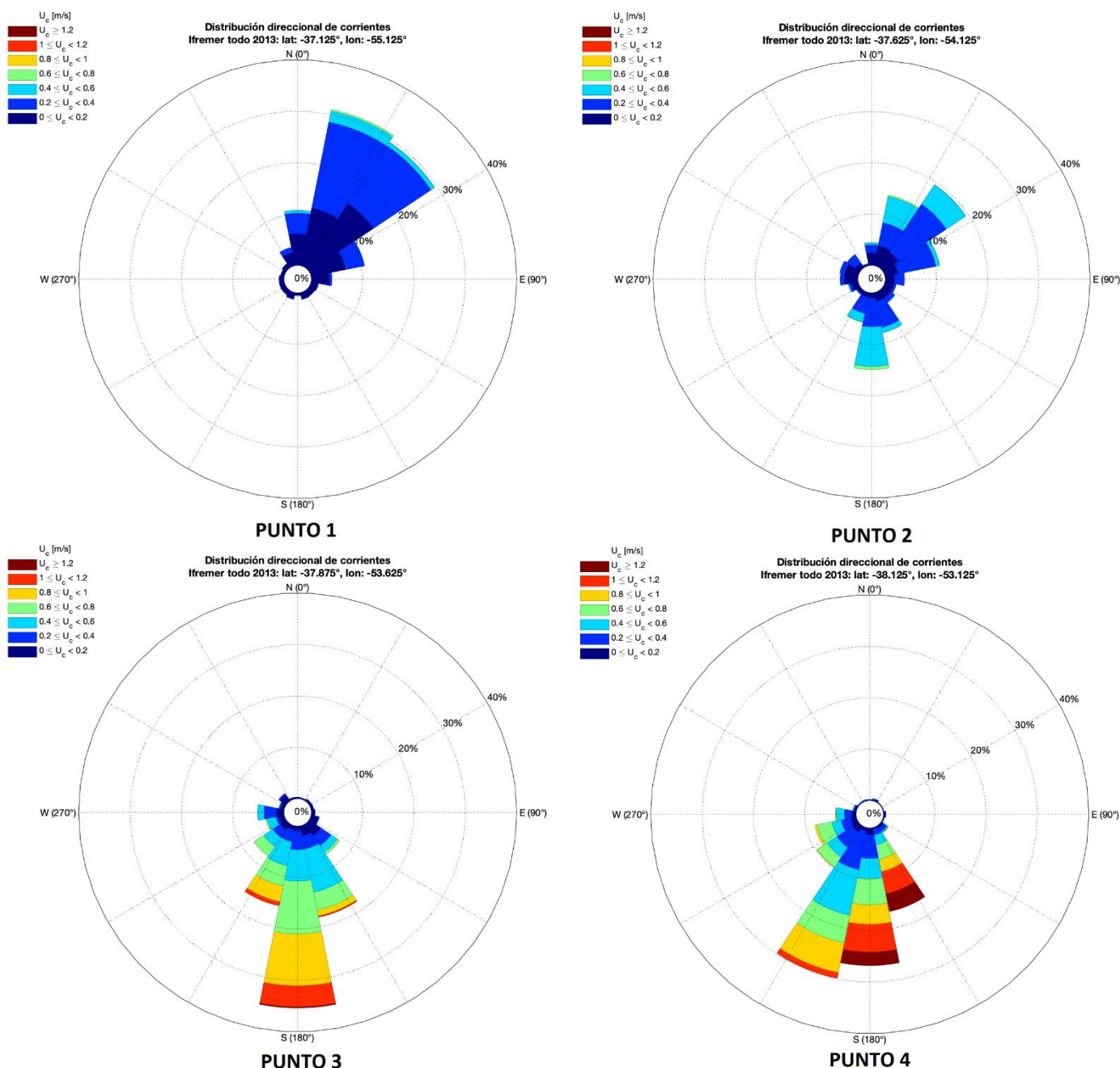


Figura 65. Distribución direccional de corrientes en superficie para cada nodo IFREMER, año 2013.

El análisis estacional de estos datos se presenta en la Figura 66 (nodo 1), Figura 67 (nodo 2), Figura 68 (nodo 3) y Figura 69 (nodo 4) para las estaciones de verano, otoño, invierno y primavera.

En general, se mantienen los patrones observados en el análisis anual.

En el nodo 1 la corriente se dirige predominantemente hacia el NNE y ENE, siendo más intensa en verano y otoño.



En el nodo 2 las direcciones predominantes NE y S se observan en verano y otoño, en invierno predominan las direcciones NE y ENE y en primavera el NE y el NNE, cobrando algo de importancia una componente hacia el ONO.

En el nodo 3 la dirección predominante es siempre hacia el S (especialmente en verano), cobrando importancia la dirección SSE en otoño y la dirección SSO en invierno y primavera.

En el nodo 4 las direcciones SSO, S y SSE tienen en verano igual predominancia, en otoño la corriente predominante es hacia el SSO, con componentes S y SSE, en invierno la dirección es claramente hacia el SSO, con una componente S, y en primavera la corriente se dirige mayoritariamente hacia el S, con una componente hacia el SSE.

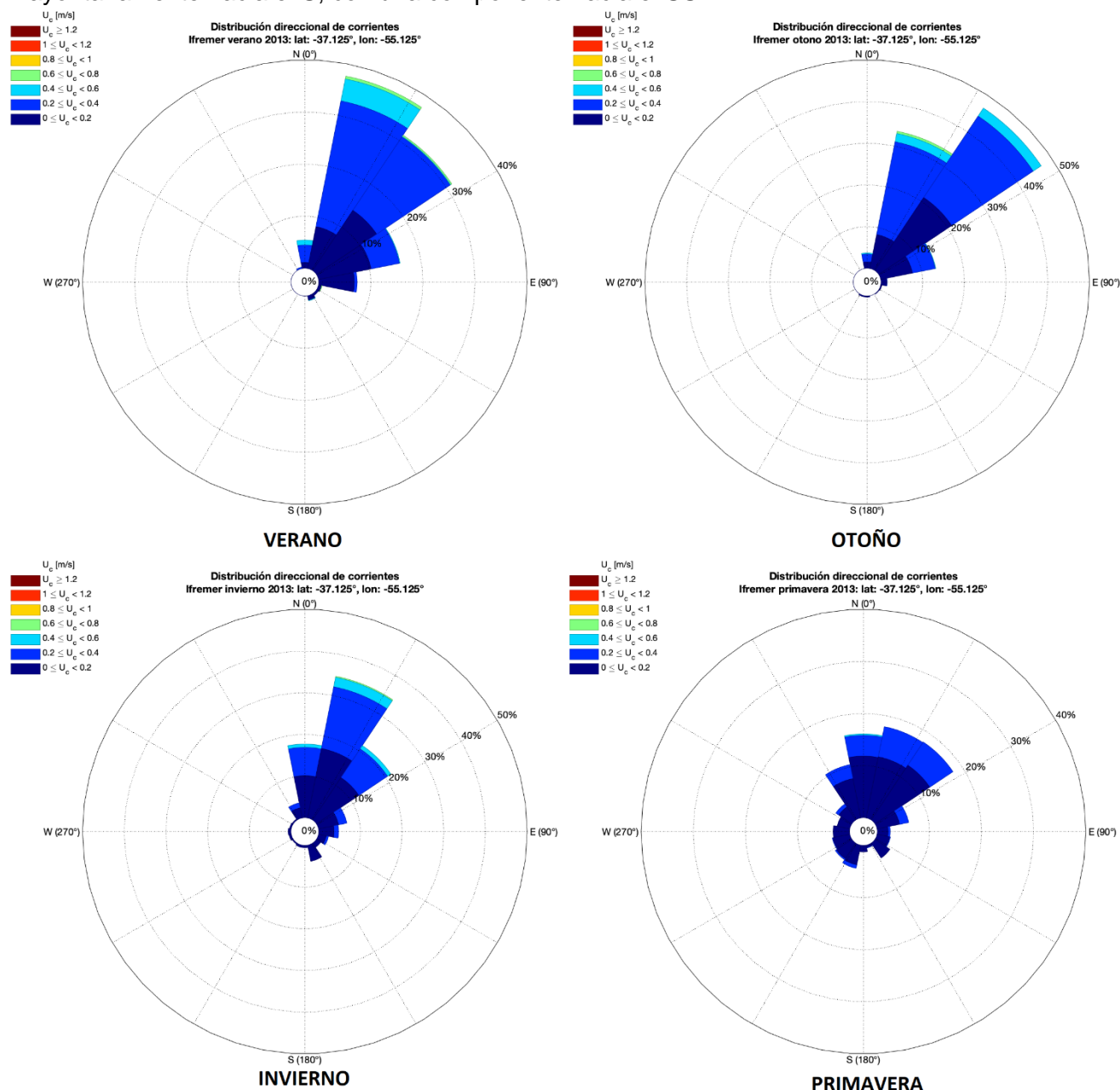


Figura 66. Distribuciones direccionales de la corriente en superficie para el nodo IFREMER 1 correspondientes a las estaciones verano, otoño, invierno y primavera, año 2013.



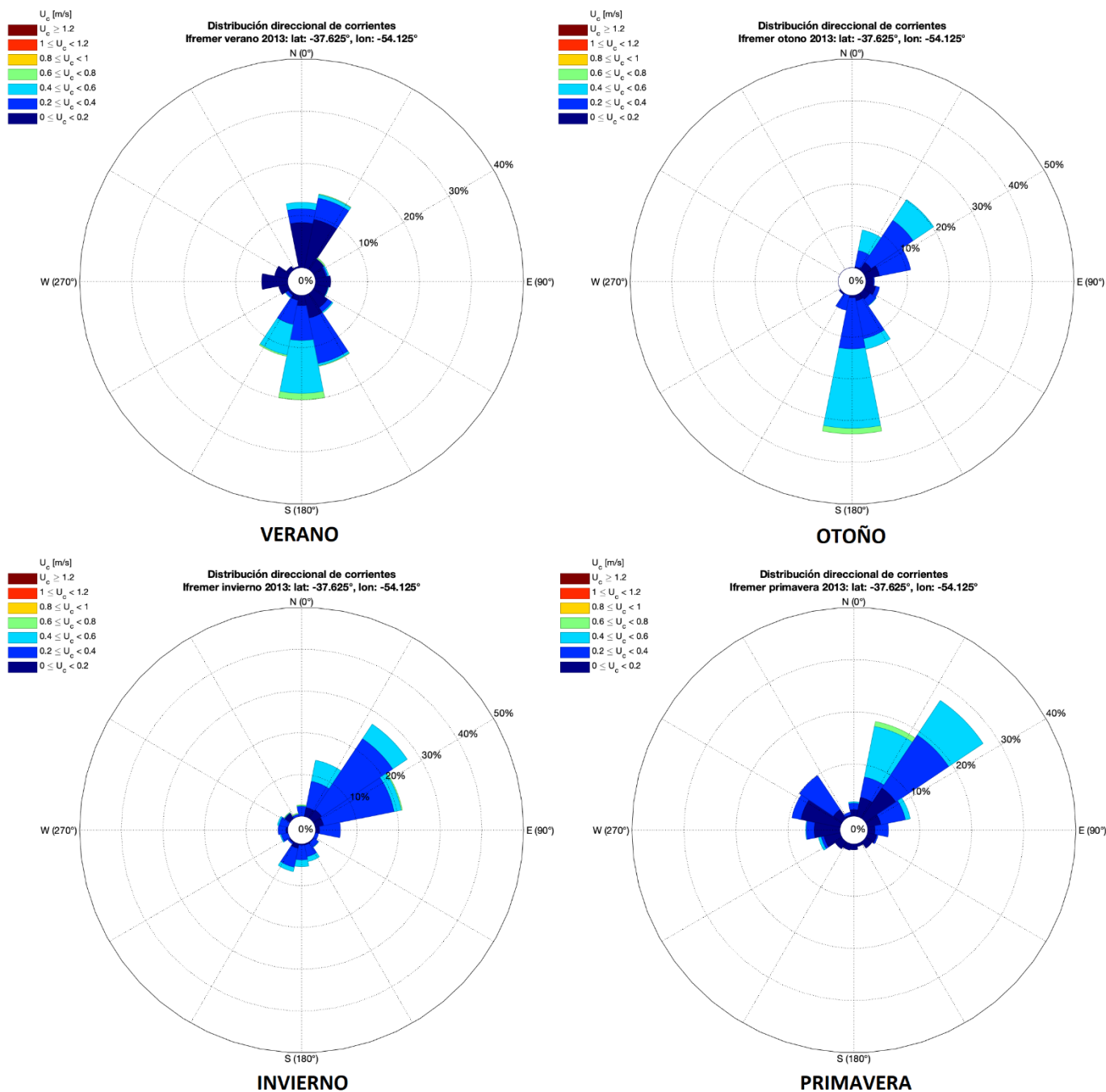


Figura 67. Distribuciones direccionales de la corriente en superficie para el nodo IFREMER 2 correspondientes a las estaciones verano, otoño, invierno y primavera, año 2013.



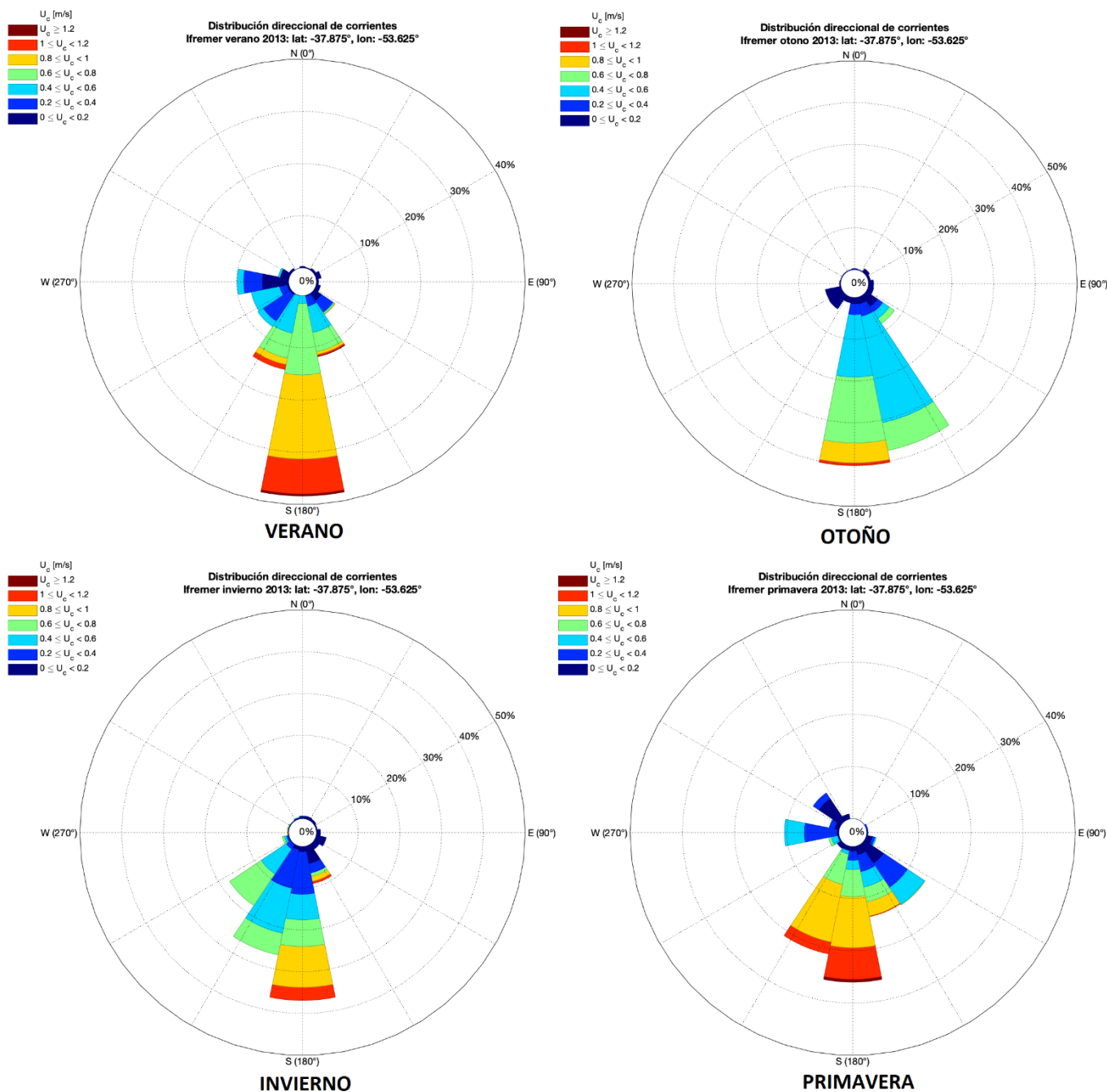


Figura 68. Distribuciones direccionales de la corriente en superficie para el nodo IFREMER 3 correspondientes a las estaciones verano, otoño, invierno y primavera, año 2013.



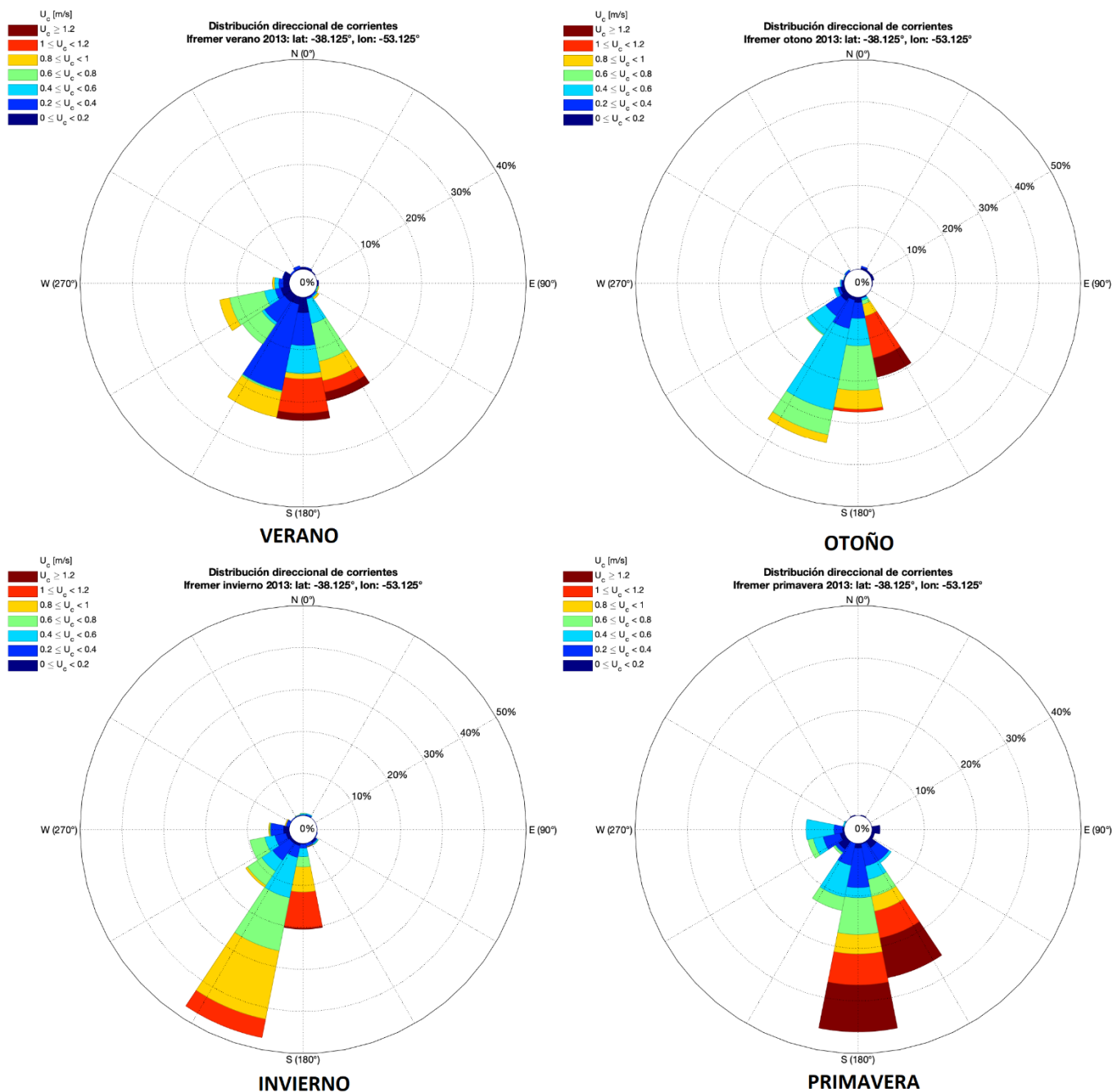


Figura 69. Distribuciones direccionales de la corriente en superficie para el nodo IFREMER 4 correspondientes a las estaciones verano, otoño, invierno y primavera, año 2013.

3.2.3 Mareas

En una simulación, el forzante marea se puede caracterizar por la amplitud y la fase del armónico principal (M2), la tasa de disipación de las mareas y los flujos de energía de las mareas (Palma et al., 2004). El armónico M2 es parte de un sistema anfídrico ubicado en la proximidad del meridiano de Greenwich y 60°S (Genco et al., 1994). Se propaga desde el suroeste hacia el noreste y su amplitud disminuye, debido a efectos de fricción, desde un máximo de 4 m en la Bahía Grande a menos de 30 cm al norte de Bahía Blanca (Figura 70).



Cuando el patrón de marea presenta gran amplitud, las mareas influyen en la magnitud de la mezcla vertical, como por ejemplo ocurre en la plataforma patagónica. Cabe destacar que en la zona del Bloque CAN 102, ubicada más allá del borde de la plataforma continental (no jurídico - ver Punto 3.1.1), la amplitud de la marea y en consecuencia sus velocidades son de pequeña magnitud, por lo que su contribución a la corriente de campo total es despreciable.

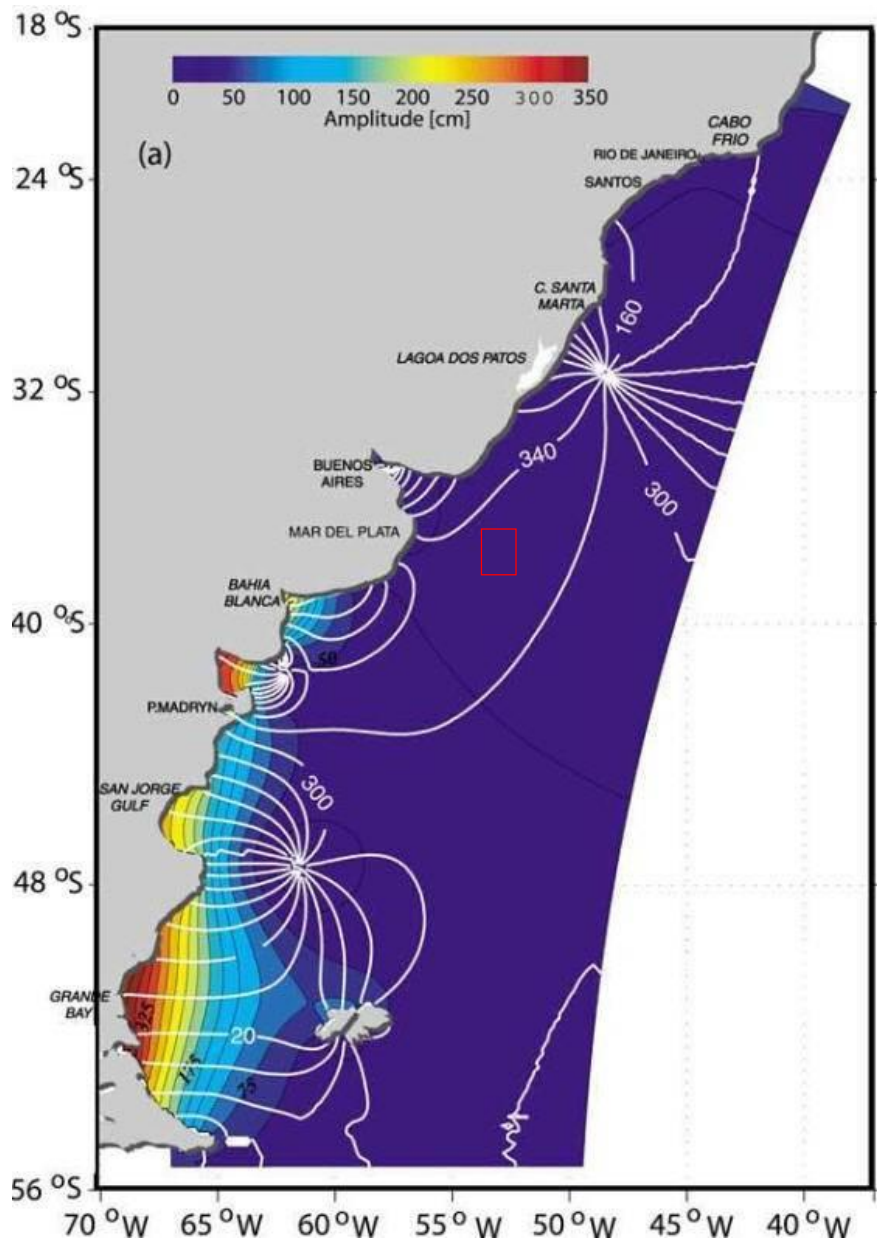


Figura 70. Carta cotidal y de amplitudes de la componente principal lunar de marea (M2) cada 20°. El polígono de color rojo corresponde al Bloque CAN 102. Fuente: Palma et al., 2004.

[Firma manuscrita]

3.2.4 Clima de olas

El régimen de viento en el área de estudio genera un mar muy movido en todas las estaciones del año con olas de altura y dirección variables. En este sentido, el aumento en el estado del mar (*sea-state*) se genera típicamente como resultado del paso de tormentas locales a través del Pasaje de Drake y sobre América del Sur. El paso de tormentas desde el oeste genera rápidamente incrementos en el estado del mar, pero que no persisten por más de 2 o 3 días, a menos que la zona se vea afectada por una sucesión de tormentas consecutivas (Upton y Shaw, 2002).

Dragani et al. (2010) estudiaron las tendencias en las últimas décadas de los valores anuales medios y máximos del oleaje en el sector oriental de la plataforma continental sudamericana entre 32°S y 40°S, a partir de observaciones *in situ* y remotas y de simulaciones numéricas llevadas a cabo con el modelo SWAN forzado con los reanálisis NCEP/NCAR (NCEP: National Centers for Environmental Prediction, NCAR: National Center for Atmospheric Research).

En la Figura 66 se muestra el área de estudio y la localización de distintos puntos de análisis del oleaje.

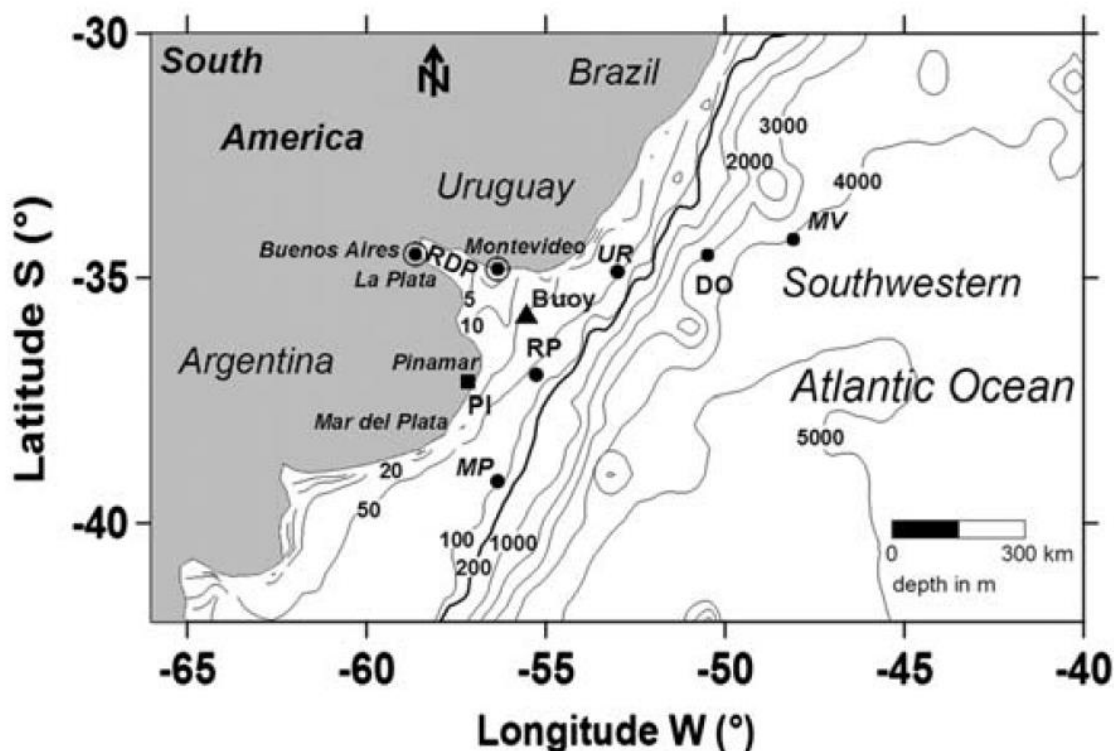


Figura 71. Área de implementación del modelo SWAN. Los puntos de estudio de alturas de ola son MP: plataforma continental Mar del Plata, RP: boca del Río de la Plata, UR: plataforma continental uruguaya, DO: profundidades oceánicas (deep ocean) y MV: máxima variación. RDP: Río de la Plata. El triángulo muestra la posición de un olímetro Datawell Waverider. Fuente: Dragani et al., 2010.

Las series de alturas de olas medias anuales registradas mediante observaciones remotas (TOPEX Ocean Topography Experiment) entre los años 1993 y 2002 se muestran en la Figura 72 para los puntos UR, MP y DO señalados en la Figura 71).

[Firma manuscrita]

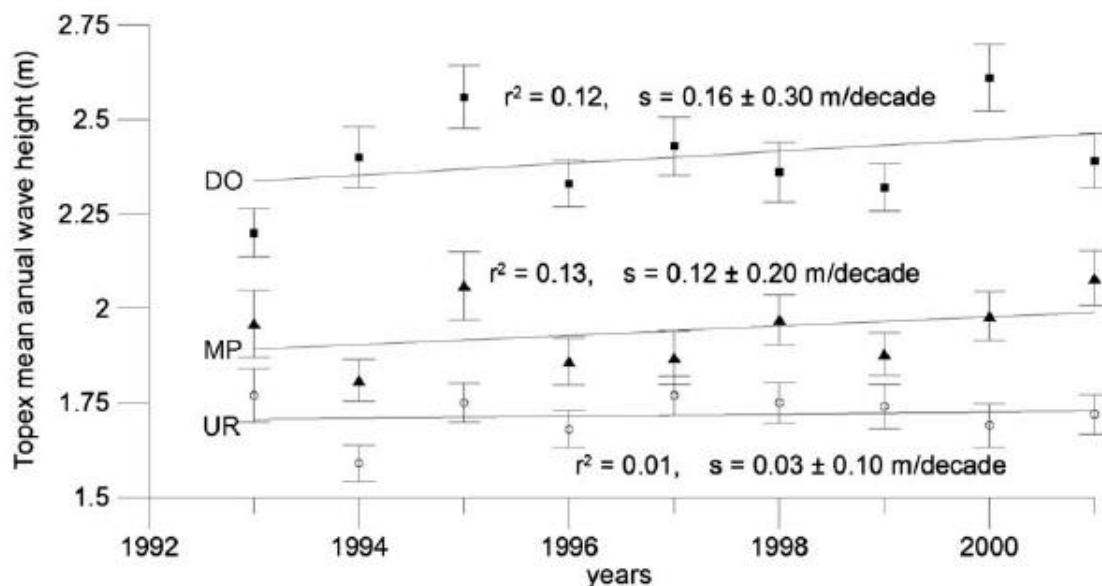


Figura 72. Medias anuales de altura significativa de ola (TOPEX, período 1993-2002) en UR, MD y DO (ver localización en Figura 70). Se incluyen las correspondientes líneas de regresión de cuadrados mínimos. Fuente: Dragani et al., 2010.

Es posible observar una gran variabilidad interanual, con una ligera tendencia al incremento de la altura. Los mayores incrementos se registraron entre 1994 y 1995 en los tres puntos y entre 1999 y 2000 en DO.

Por otro lado, se muestran a continuación los resultados obtenidos mediante la aplicación regional del modelo matemático SWAN forzado por el campo de vientos NCEP/NCAR para el período 1971-2005 en el dominio de cálculo presentado en la Figura 71 (Dragani et al., 2010), que incluye regiones tan disímiles como el somero Río de la Plata, la plataforma continental uruguaya, parte de las plataformas continentales brasilera y argentina, el borde exterior de la plataforma y un sector del Océano Atlántico Sudoccidental.

Los campos medios (período 1971-2005) de altura cuadrática media y período de ola obtenidos mediante la modelación con SWAN se presentan en la Figura 73.

Puede observarse que la altura y el período de ola decrecen gradualmente hacia la costa, desde aproximadamente 2,5 m / 4,5 s en el sector sudoriental del modelo hasta menos de 1,0 m / 2 s en la boca del Río de la Plata. Las direcciones son predominantemente hacia el oeste al norte de 37°S y hacia el noroeste al sur.



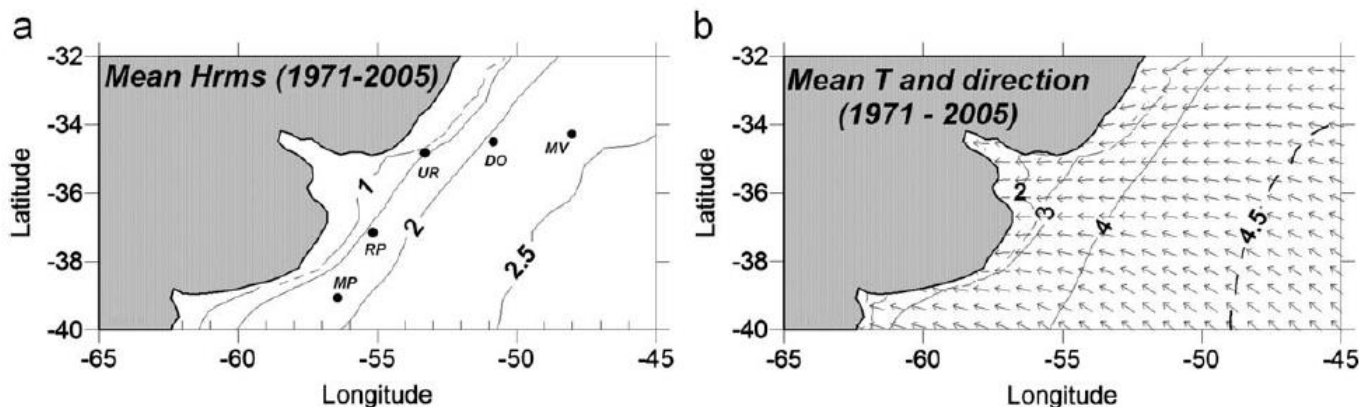


Figura 73. Modelo SWAN período 1971-2005: (a) media de altura significativa cuadrática de ola (metros) y (b) periodo medio (segundos) y dirección media de propagación (flechas sin escala).
Fuente: Dragani et al., 2010.

Las series de tiempo obtenidas de máximos anuales de altura significativa de ola se presentan en la Figura 74, observándose una ligera tendencia al incremento, de la misma manera que para las alturas medias anuales de TOPEX (Figura 72).

Es importante destacar que los resultados arrojados por el modelo SWAN reflejan únicamente el oleaje producido por el viento actuante sobre el dominio de cálculo ("sea"), ya que el que ingresa a través de los límites del modelo ("swell") no se considera en las simulaciones.

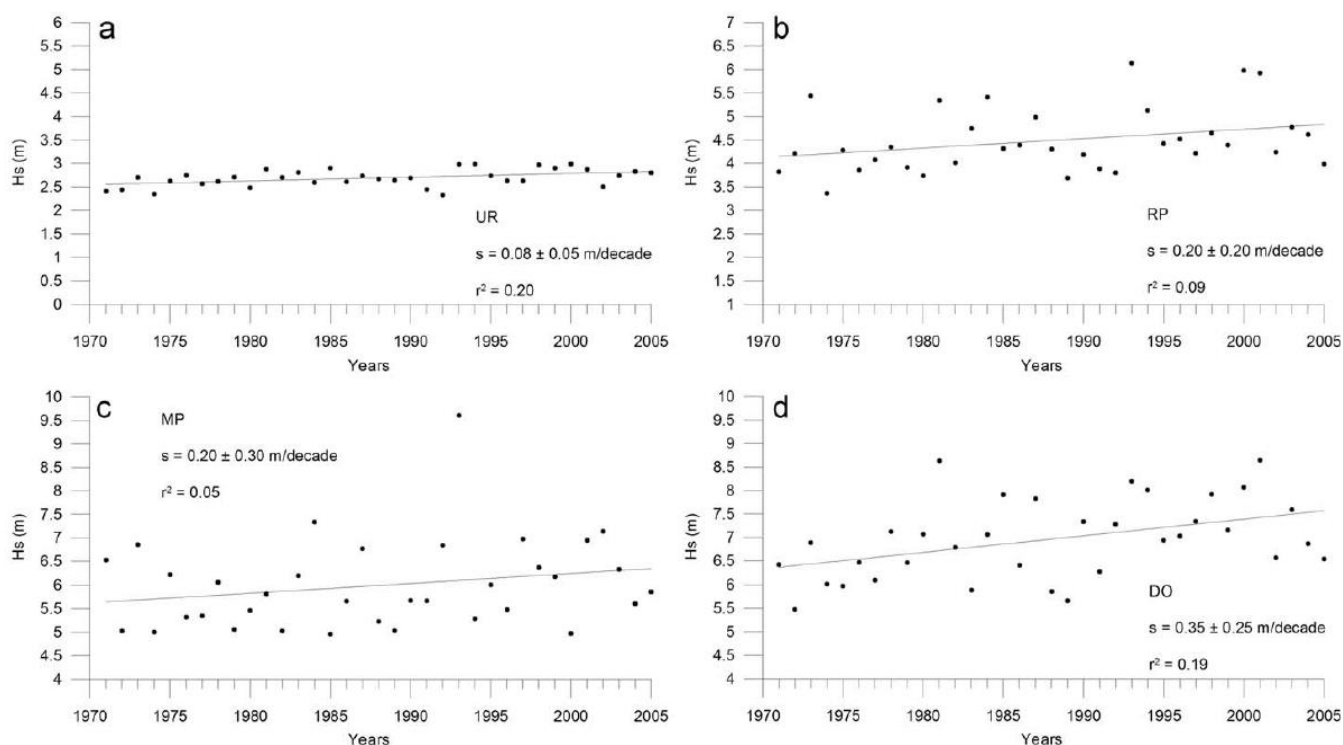


Figura 74. Máximos anuales de altura significativa de ola (modelo SWAN, período 1971-2005) en UR (a), RP (b), MP (c) y DO (d) (ver localización en Figura 71). Se incluyen las correspondientes líneas de regresión de cuadrados mínimos. Fuente: Dragani et al., 2010.



De acuerdo a Dragani et al. (2010) y distintos estudios por ellos citados, estas variaciones podrían ser consecuencia de la ocurrencia de cambios en la circulación baja de la atmósfera en el Atlántico sudoccidental.

Información del clima de olas también está disponible a través de distintos modelos globales. Aquella provista por el Global Atlas of Ocean Waves (período 1970-2011) se presenta a continuación.

El Global Atlas of Ocean Waves está basado en observaciones VOS (Programa de Buques de Observación Voluntaria) y es el resultado de un proyecto de cooperación financiado por la Unión Europea cuyos participantes son P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Science (Moscow), Southampton Oceanography Centre (Southampton) and Royal Netherlands Meteorological Institute (De Bilt).

En la Figura 75 se muestra la altura significativa de ola media anual de acuerdo a dicha fuente y en la Figura 76 los correspondientes períodos.

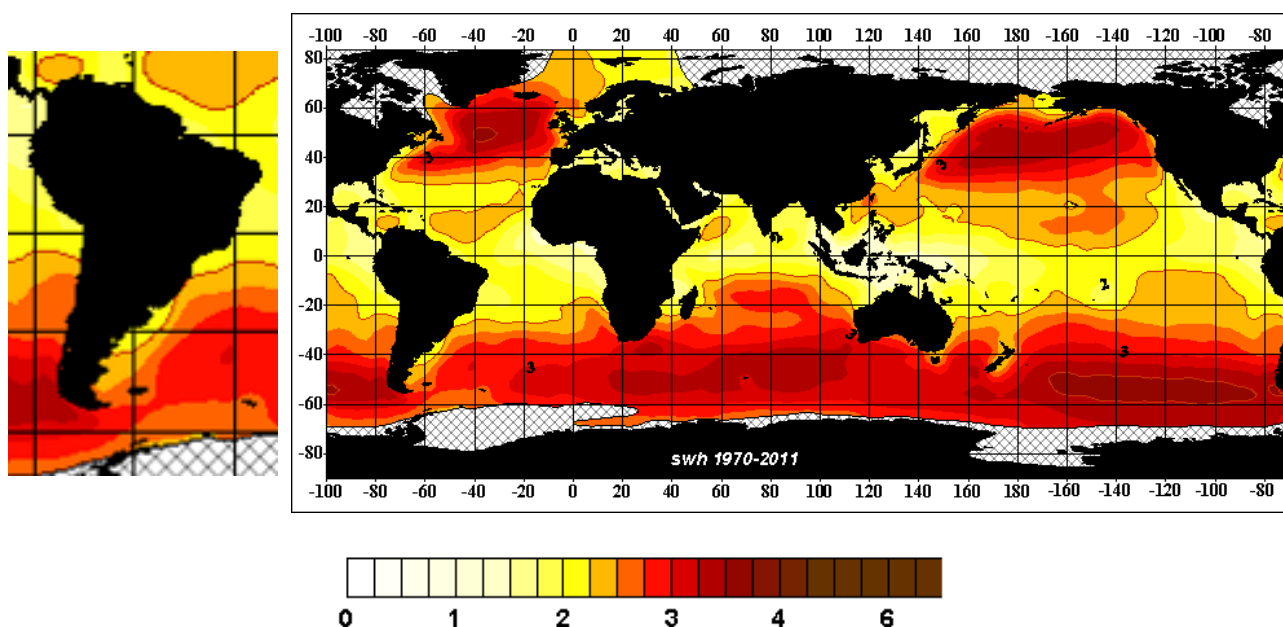


Figura 75. Altura significativa de ola media anual (en metros) para el período 1971-2005. Fuente: Global Atlas of Ocean Waves.



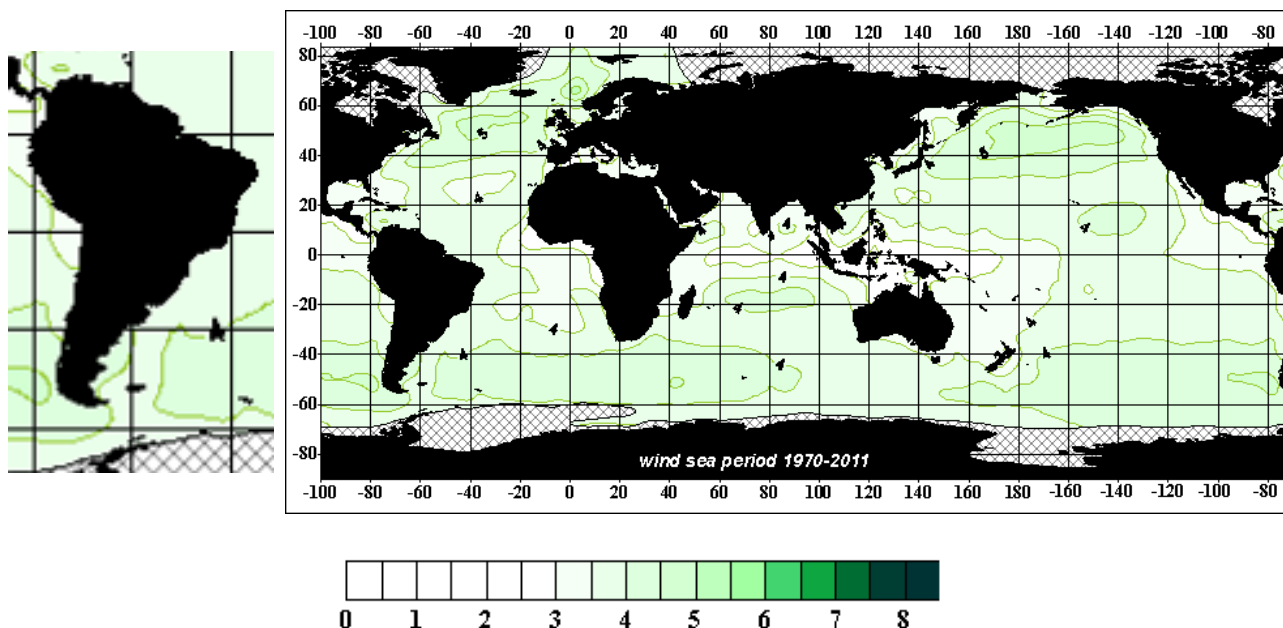


Figura 76. Período de ola medio anual (en segundos) para el período 1971-2005. Fuente: Global Atlas of Ocean Waves.

Se presenta a continuación el análisis de series de datos de olas del proyecto IOWAGA (Integrated Ocean Waves for Geophysical and other Applications), desarrollado por el instituto de investigación IFREMER (Francia). El modelo numérico aplicado en la obtención de la base de datos corresponde al WAVE-WATCH III, el cual es un modelo de oleaje de tercera generación desarrollado por la NOAA/NCEP (National Oceanic and Atmospheric Administration/ National Centers for Environmental Predictions). El mismo fue implementado en su modalidad de grilla GLOBAL, con vientos provenientes de la base de ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts).

Los datos se encuentran organizados por mes y con un intervalo de tiempo de 3 horas. El tamaño de celda del modelo varía según la zona, desde la grilla de costa atlántica francesa con una resolución de 1/30° hasta la grilla GLOBAL con una resolución de 0,5°.

La información suministrada por esta base de datos contempla no solo la descripción del espectro total de energía correspondiente a cada instante del registro, sino que además entrega información específica sobre la componente energética aportada por el oleaje generado por vientos locales (sea) y por las distintas componentes principales asociadas al oleaje oceánico propagado desde diferentes zonas de generación (swell).

En la Figura 77 se muestra la posición de tres nodos IFREMER ubicados en la zona de estudio: nodo 1 ubicado en el centro del Bloque CAN 102, zona del talud inferior; nodo 2 en la zona del talud superior y nodo 3 sobre la plataforma continental.

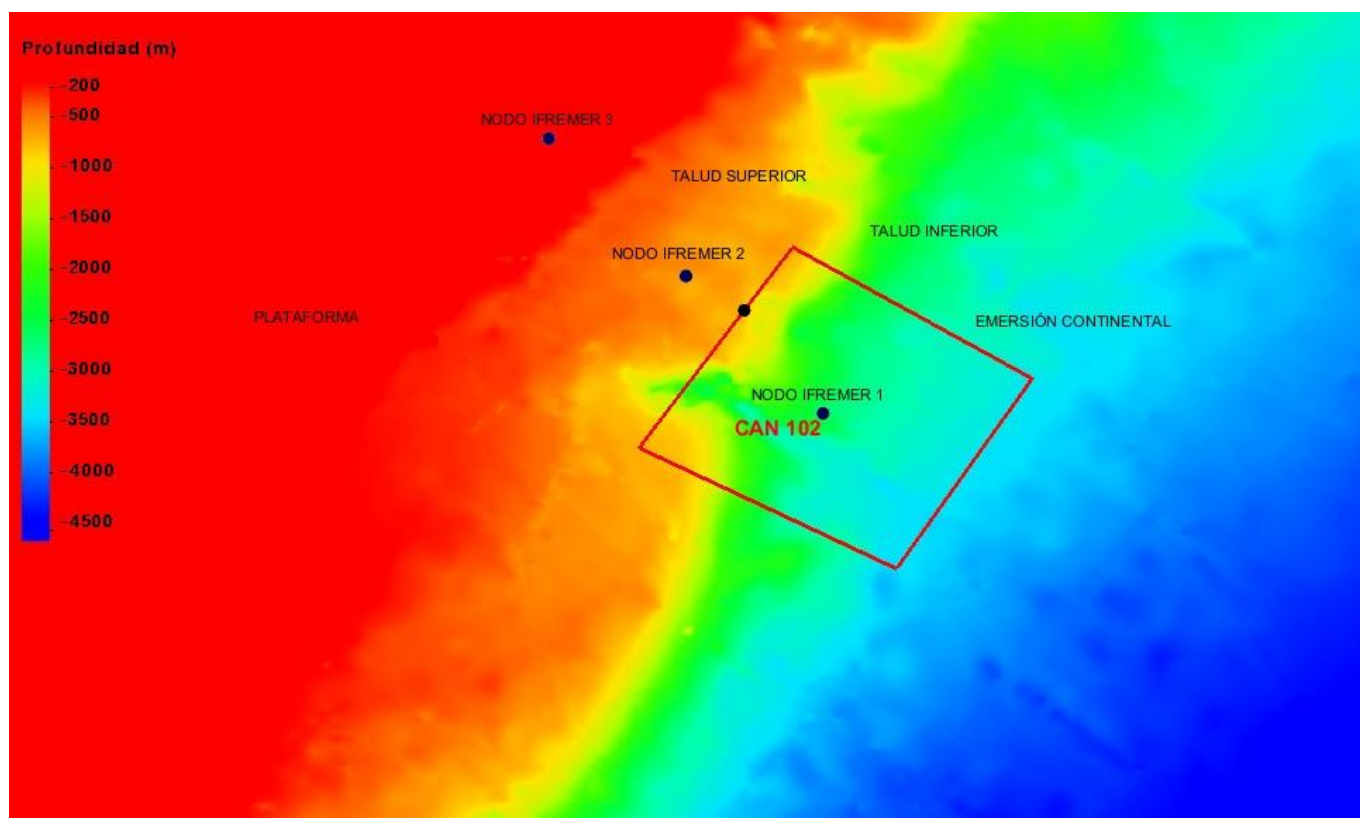


Figura 77. Ubicación de los nodos de la base de datos IFREMER analizados, sobre la batimetría de la región de estudio (Bloque CAN 102 en color rojo). Fuente de la batimetría: base global de datos GEBCO “The General Bathymetric Chart of the Oceans”:
https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

Las distribuciones direccionales para la altura significativa h_s y el período pico t_p del oleaje se presentan en la Figura 78 y la Tabla 6 para el nodo 1, en la Figura 79 y la Tabla 7 para el nodo 2 y en la Figura 80 y la Tabla 8 para el nodo 3.

Cabe mencionar que la convención adoptada para la dirección del oleaje es la misma que para el viento, es decir que los gráficos indican de donde vienen las olas.

En los tres nodos analizados se observa que las olas inciden principalmente desde los cuadrantes S y NE (ENE para el nodo 3), siendo las provenientes del sur las de períodos más largos, mayores a 12 s. Este oleaje del sur se trata de *swell* marino, que son olas de período regular, en general mayores a los 10 segundos, que se propagan en océano abierto varios kilómetros lejos de su zona de generación casi sin pérdida de energía.

Las olas de períodos más cortos (menores a los 8 segundos) corresponden a *sea* u ola de viento. Este oleaje, de períodos menos regulares que el *swell*, es generado localmente debido a los vientos de la zona.

Las olas predominantes tienen alturas significativas de entre 1 m y 3 m, observándose que el porcentaje de participación de las olas más altas disminuye hacia la costa (desde nodo 1 hasta nodo 3).

Los períodos predominantes se sitúan en el rango de 6 a 12 segundos.



En los tres nodos analizados se observan olas que superan los 6 m de altura, cuyo mayor porcentaje de ocurrencia corresponde a las provenientes del cuadrante S. Los mayores eventos pueden alcanzar los 8 m en el nodo 1 y los 7 m en el nodo 2 y el nodo 3.

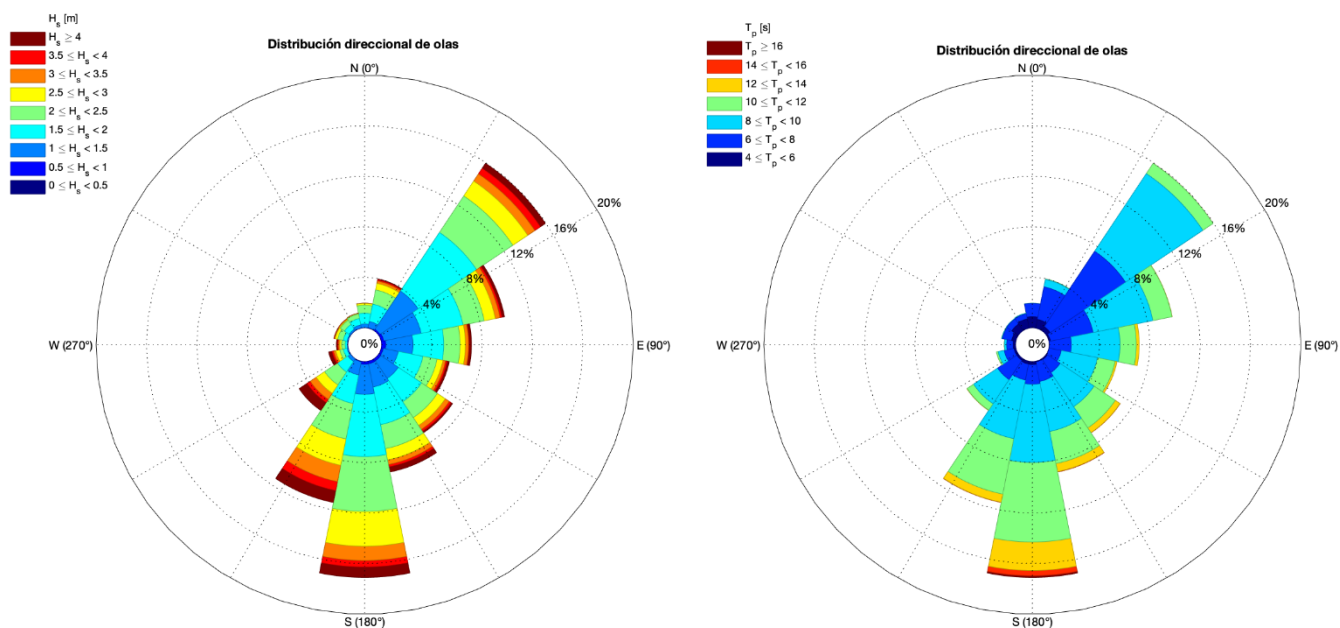


Figura 78. Distribución direccional del oleaje para el nodo IFREMER 1, Hs izquierda, Tp derecha, periodo 2014 a 2018. Nota: la convención adoptada para la dirección del oleaje es "de dónde viene".

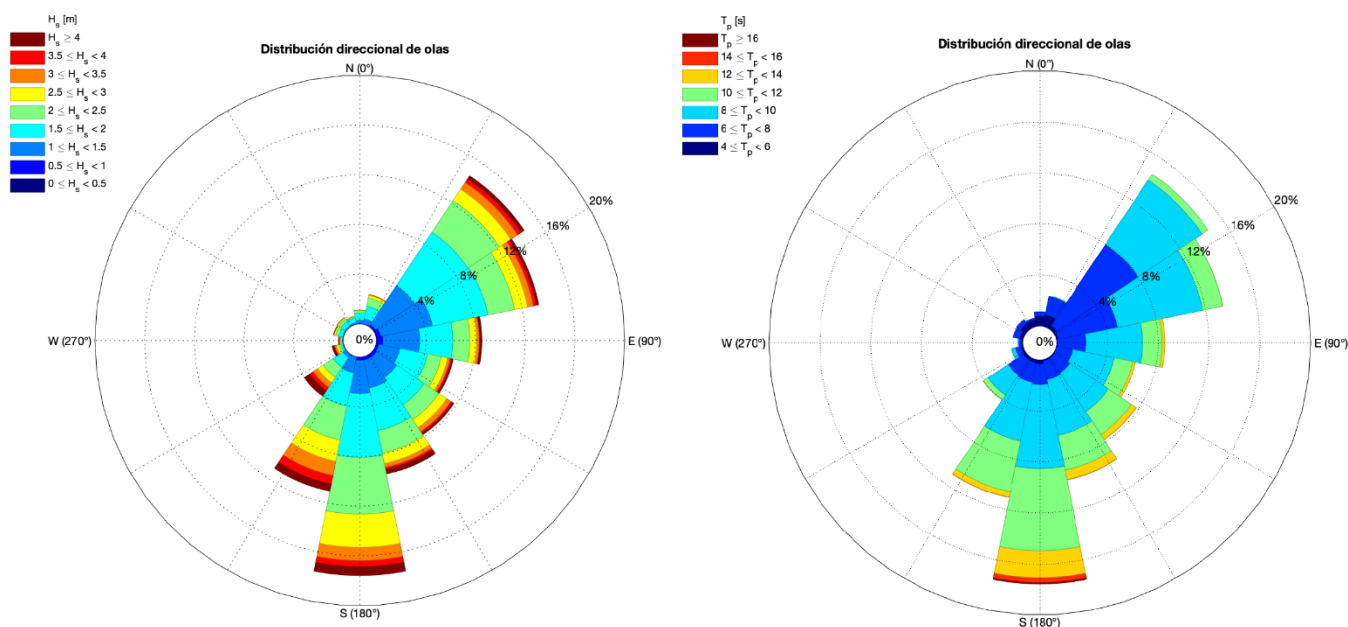


Figura 79. Distribución direccional del oleaje para el nodo IFREMER 2, Hs izquierda, Tp derecha, periodo 2014 a 2018. Nota: la convención adoptada para la dirección del oleaje es "de dónde viene".



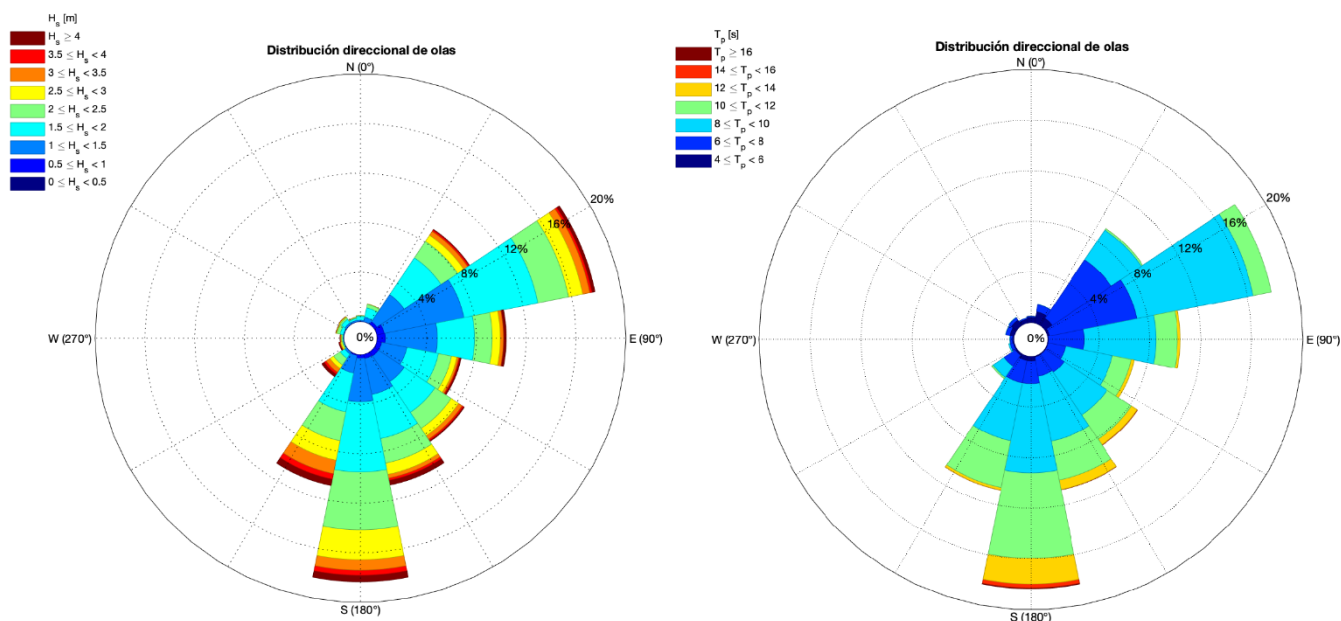


Figura 80. Distribución direccional del oleaje para el nodo IFREMER 3, Hs izquierda, Tp derecha, periodo 2014 a 2018. Nota: la convención adoptada para la dirección del oleaje es "de dónde viene".

Tabla 6. Altura significativa y período pico del oleaje en el nodo 1 de IFREMER, periodo 2014-2018.

Hs/Tp	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	>18	Total
0.5 - 1		0.007%	0.760%	0.500%	0.089%	0.075%	0.034%	0.014%	0.007%	1.49%
1 - 1.5	0.007%	1.513%	7.455%	7.749%	1.451%	0.404%	0.157%	0.034%	0.007%	18.78%
1.5 - 2		2.656%	8.516%	14.116%	4.737%	0.753%	0.116%	0.041%		30.94%
2 - 2.5		0.719%	6.804%	8.762%	5.689%	0.979%	0.103%	0.014%		23.07%
2.5 - 3		0.014%	2.978%	4.244%	3.834%	0.897%	0.021%			11.99%
3 - 3.5			0.897%	2.656%	1.910%	0.445%	0.034%	0.007%		5.95%
3.5 - 4			0.110%	1.663%	1.212%	0.123%	0.007%	0.007%		3.12%
4 - 4.5			0.014%	0.828%	0.856%	0.185%	0.014%			1.90%
4.5 - 5				0.356%	0.732%	0.110%				1.20%
5 - 5.5				0.082%	0.472%	0.157%				0.71%
5.5 - 6				0.007%	0.233%	0.116%				0.36%
>6				0.007%	0.281%	0.226%				0.51%
Total	0.01%	4.91%	27.53%	40.97%	21.50%	4.47%	0.49%	0.12%	0.01%	100.00%



Tabla 7. Altura significativa y período pico del oleaje en el nodo 2 de IFREMER, periodo 2014-2018.

Hs/Tp	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	>18	Total
0.5 - 1		0.021%	1.143%	0.643%	0.110%	0.048%	0.027%	0.027%	0.014%	2.03%
1 - 1.5		1.424%	8.865%	9.693%	1.828%	0.397%	0.130%	0.034%		22.37%
1.5 - 2		2.547%	8.311%	15.327%	5.374%	0.842%	0.103%	0.041%		32.54%
2 - 2.5		0.438%	5.696%	8.112%	5.785%	0.986%	0.075%			21.09%
2.5 - 3		0.007%	2.327%	3.984%	3.375%	0.828%	0.041%			10.56%
3 - 3.5			0.650%	2.485%	1.691%	0.335%	0.041%	0.014%		5.22%
3.5 - 4			0.055%	1.355%	1.075%	0.151%	0.007%			2.64%
4 - 4.5			0.014%	0.630%	0.671%	0.151%				1.46%
4.5 - 5				0.253%	0.554%	0.116%				0.92%
5 - 5.5				0.055%	0.294%	0.151%				0.50%
5.5 - 6				0.007%	0.185%	0.137%				0.33%
>6				0.007%	0.199%	0.116%				0.32%
Total		4.44%	27.06%	42.55%	21.14%	4.26%	0.42%	0.12%	0.01%	100.00%

Tabla 8. Altura significativa y período pico del oleaje en el nodo 3 de IFREMER, periodo 2014-2018.

Hs/Tp	2 - 4	4 - 6	6 - 8	8 - 10	10 - 12	12 - 14	14 - 16	16 - 18	>18	Total
0.5 - 1	0.007%		1.794%	0.938%	0.157%	0.034%	0.034%	0.027%	0.007%	3.00%
1 - 1.5	0.007%	1.561%	9.570%	12.568%	2.519%	0.541%	0.144%	0.034%		26.94%
1.5 - 2		2.430%	7.927%	15.717%	5.935%	0.945%	0.075%	0.014%		33.04%
2 - 2.5		0.363%	4.723%	7.147%	5.565%	0.993%	0.055%			18.85%
2.5 - 3			1.889%	3.662%	3.074%	0.568%	0.048%			9.24%
3 - 3.5			0.520%	2.321%	1.451%	0.212%	0.014%	0.014%		4.53%
3.5 - 4			0.062%	0.835%	0.801%	0.164%				1.86%
4 - 4.5				0.493%	0.554%	0.110%				1.16%
4.5 - 5				0.116%	0.342%	0.178%				0.64%
5 - 5.5				0.055%	0.171%	0.157%				0.38%
5.5 - 6					0.157%	0.062%				0.22%
>6					0.089%	0.048%				0.14%
Total	0.01%	4.35%	26.49%	43.85%	20.82%	4.01%	0.37%	0.09%	0.01%	100.00%

El análisis estacional de las series temporales de olas se presentan en la Figura 81 (hs) y Figura 82 (tp) para el nodo 1, en la Figura 83 (hs) y Figura 84 (tp) para el nodo 2 y en la Figura 85 (hs) y Figura 86 (tp) para el nodo 3.



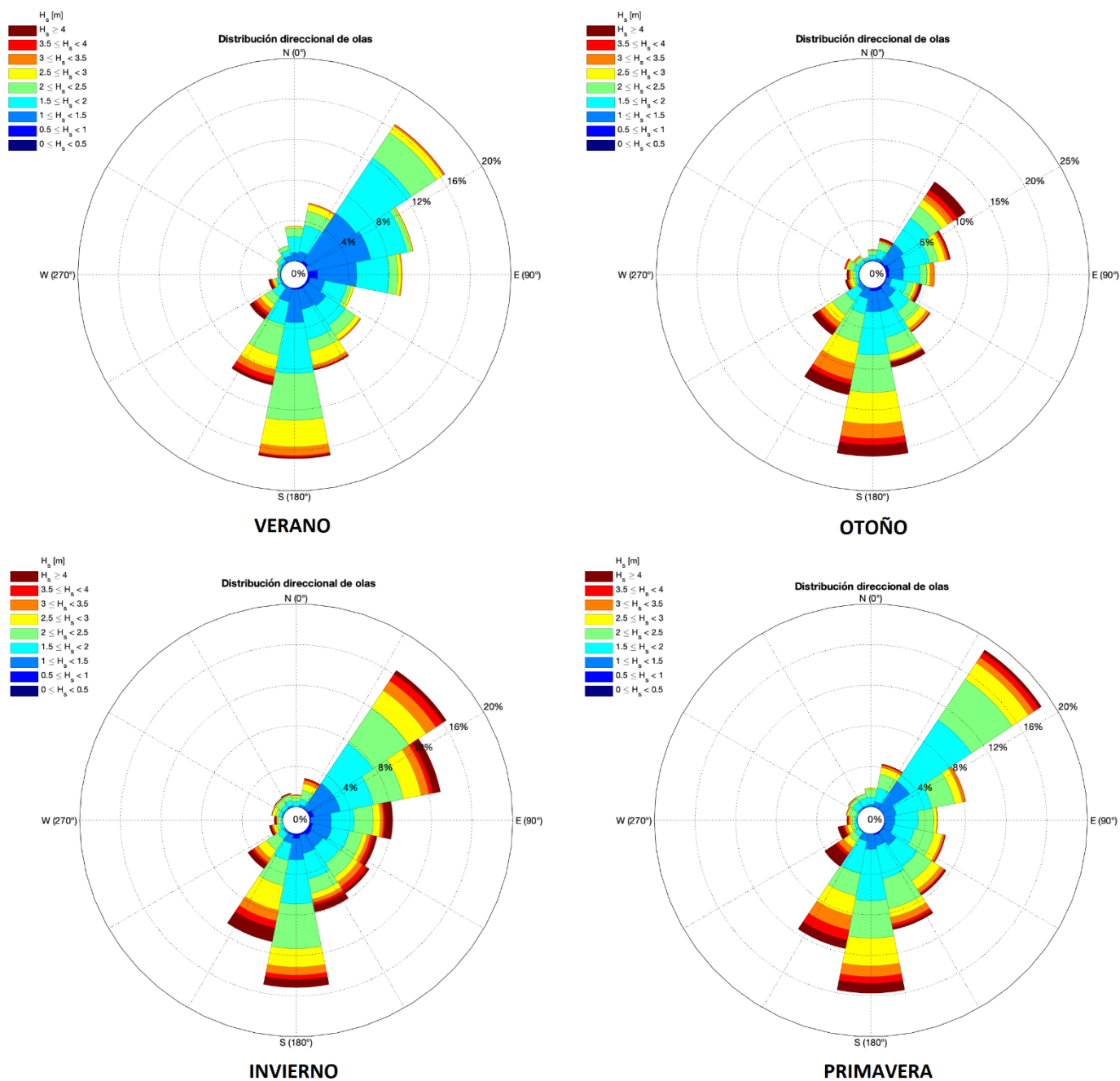


Figura 81. Distribución direccional del oleaje para el nodo IFREMER 1, H_s dividida por estación, periodo 2014 a 2018. Nota: la convención adoptada para la dirección del oleaje es "de dónde viene".



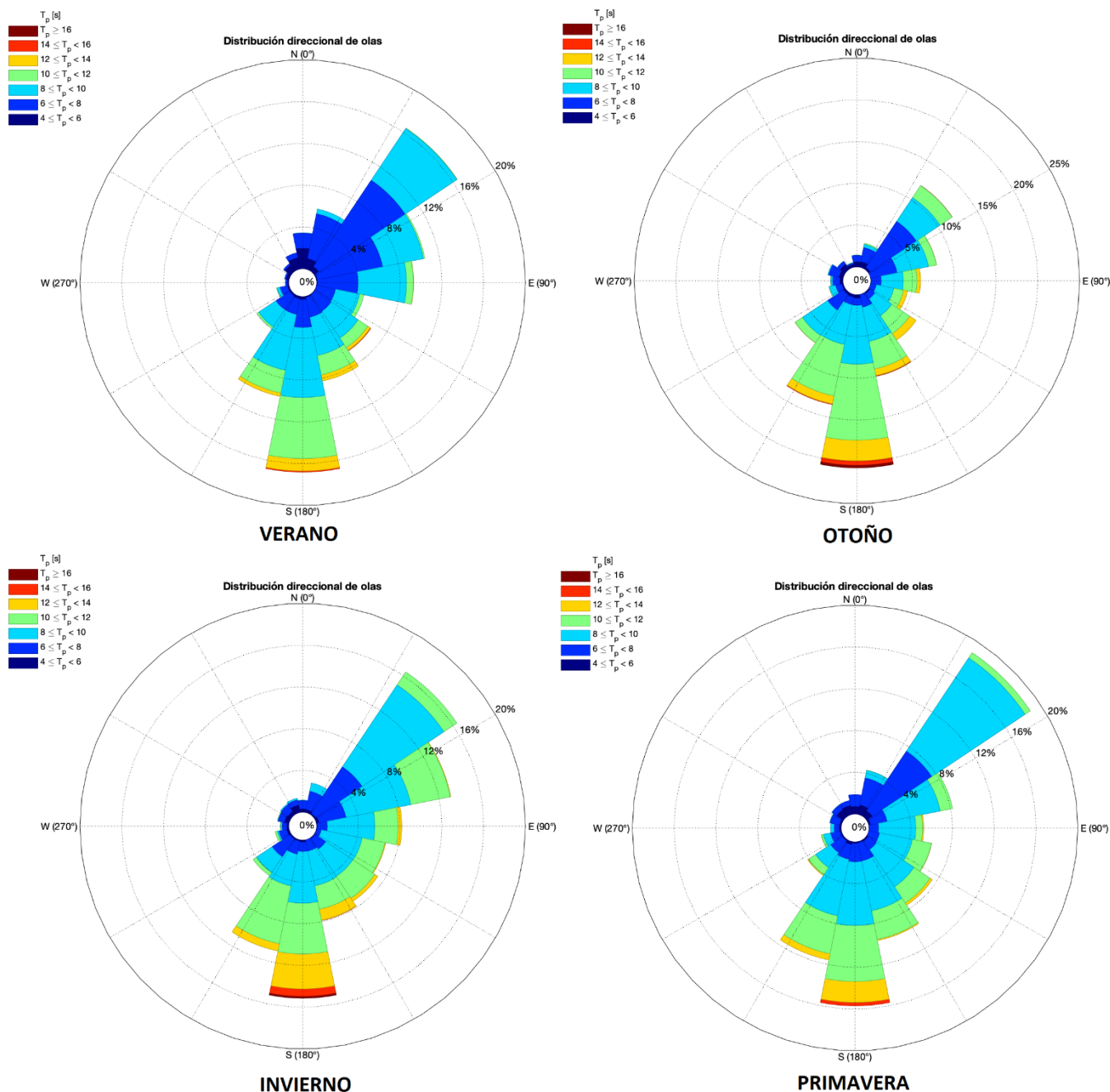
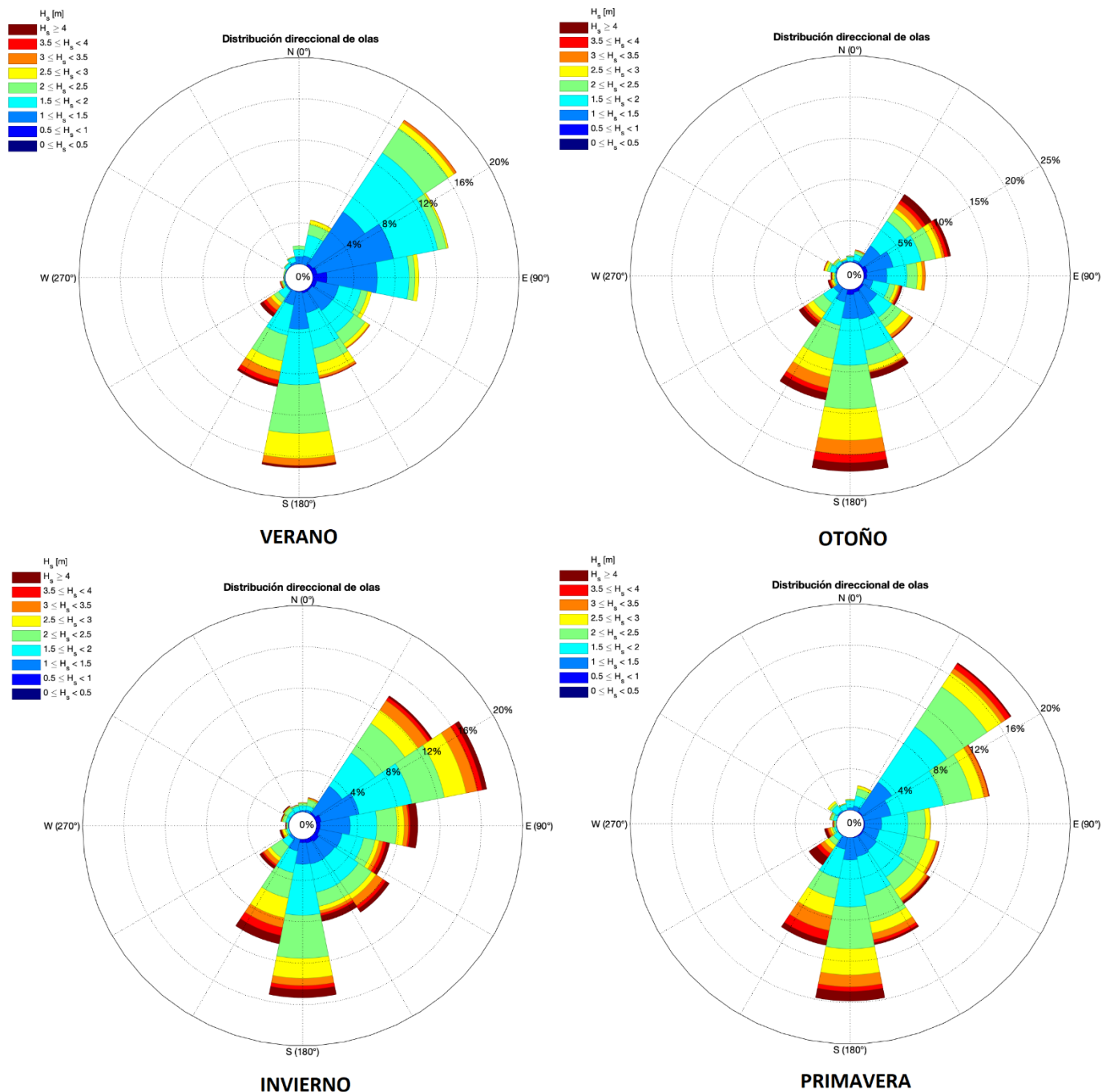


Figura 82. Distribución direccional del oleaje para el nodo IFREMER 1, T_p dividido por estación, periodo 2014 a 2018. Nota: la convención adoptada para la dirección del oleaje es "de dónde viene".





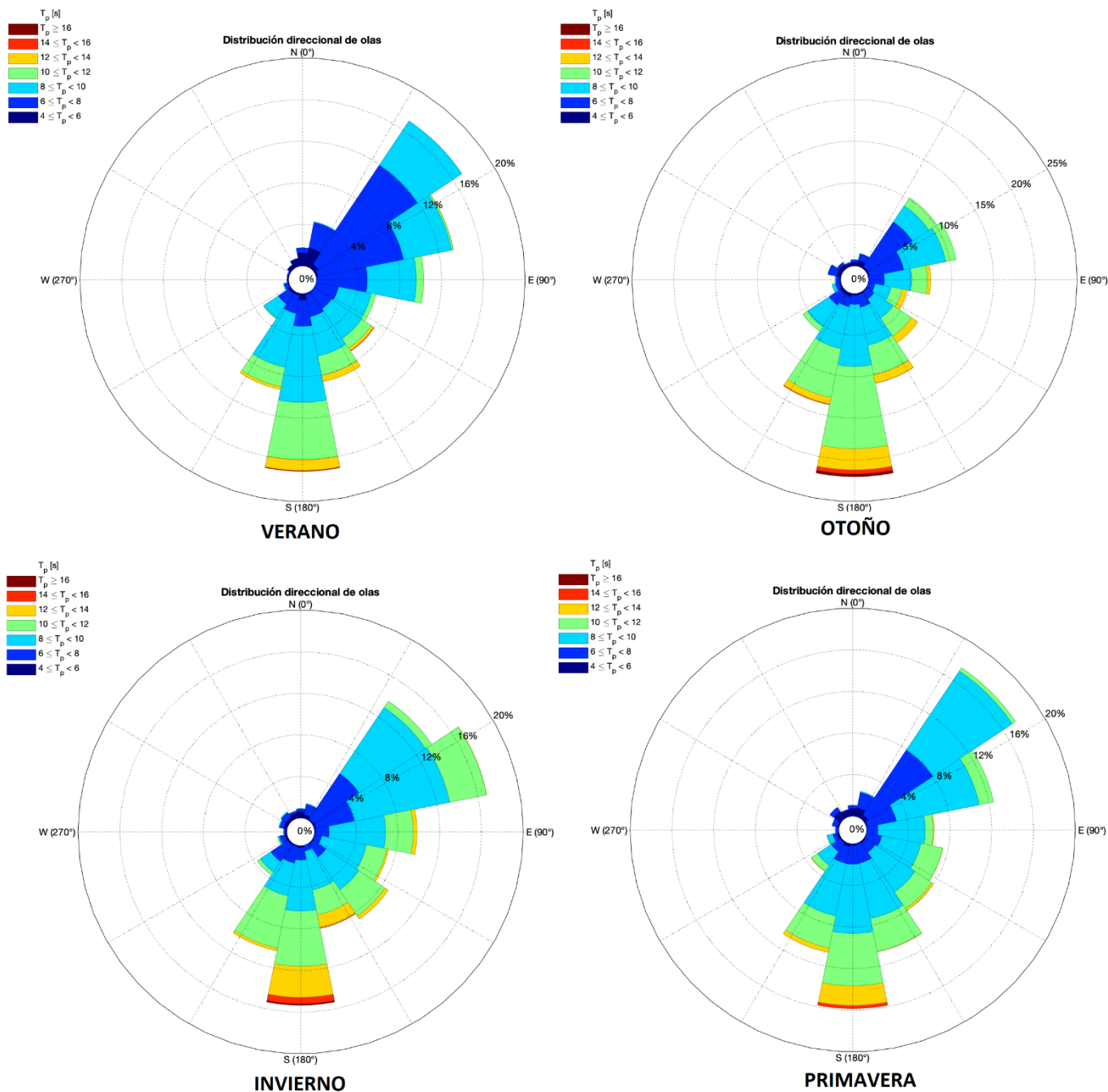



Figura 84. Distribución direccional del oleaje para el nodo IFREMER 2, T_p dividido por estación, periodo 2014 a 2018. Nota: la convención adoptada para la dirección del oleaje es "de dónde viene".



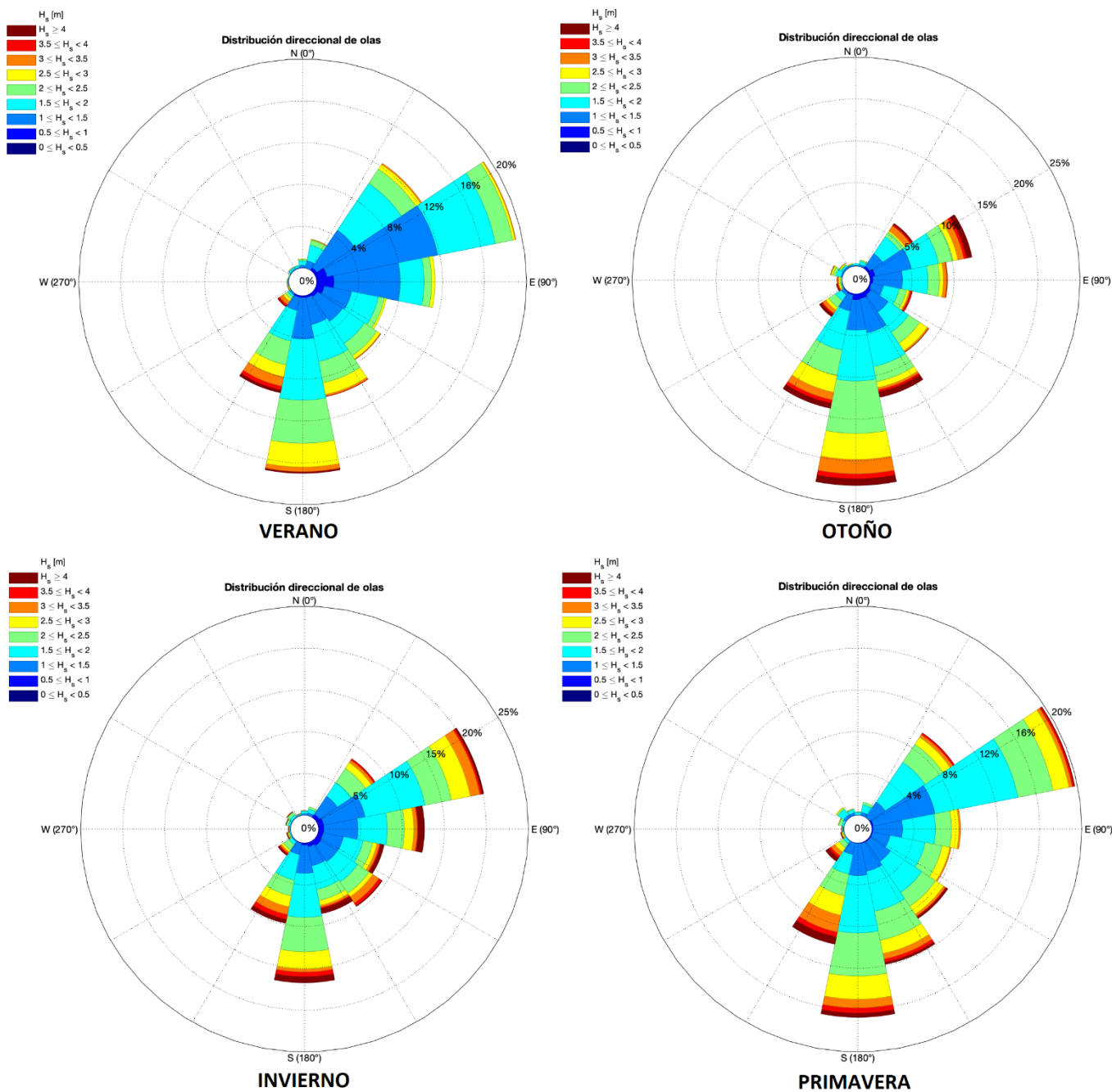


Figura 85. Distribución direccional del oleaje para el nodo IFREMER 3, H_s dividida por estación, periodo 2014 a 2018. Nota: la convención adoptada para la dirección del oleaje es "de dónde viene".



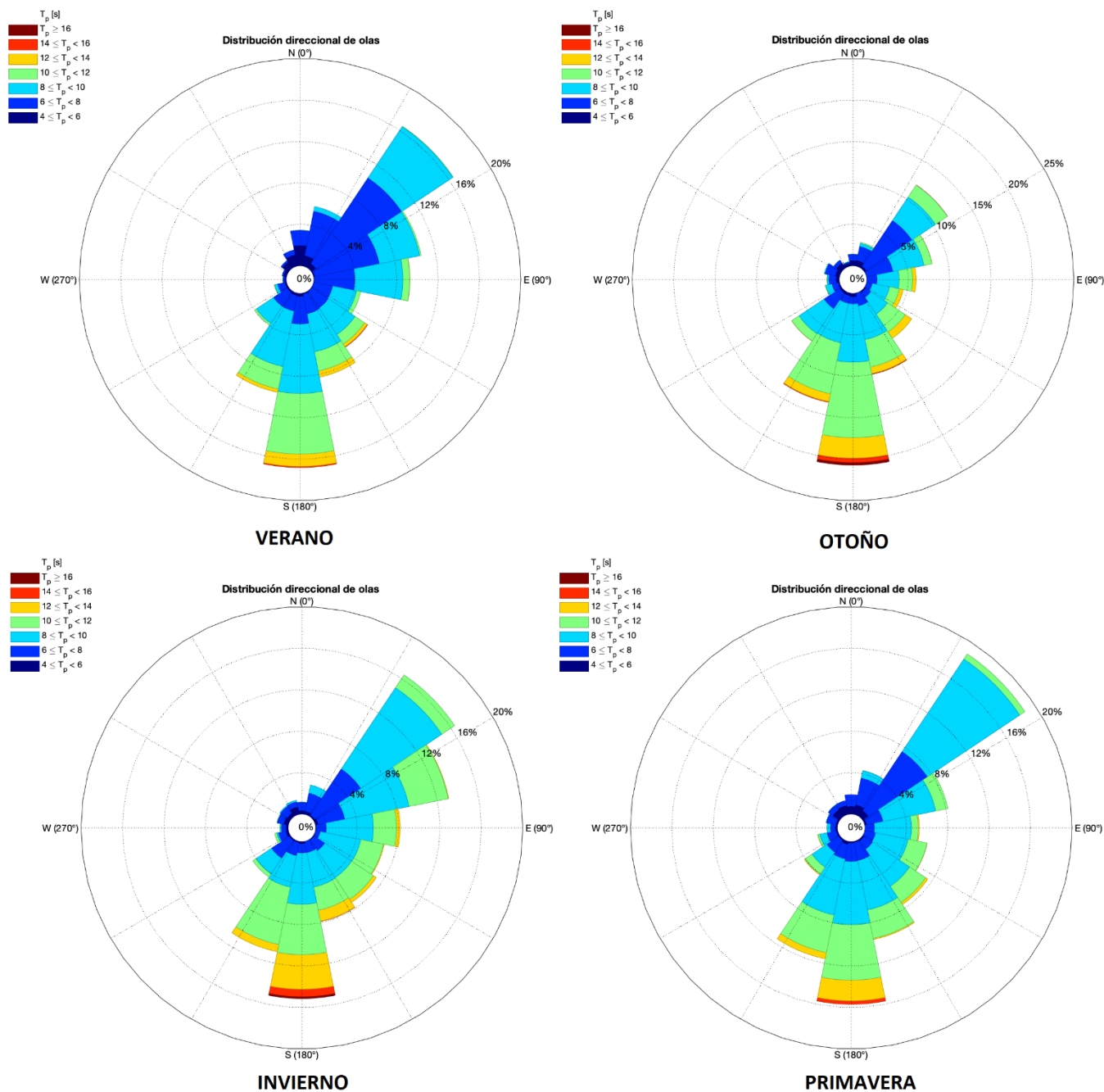


Figura 86. Distribución direccional del oleaje para el nodo IFREMER 3, T_p dividido por estación, periodo 2014 a 2018. Nota: la convención adoptada para la dirección del oleaje es "de dónde viene".



De la observación de las distribuciones direccionales de ola discriminadas por estación, se emiten las siguientes conclusiones para los 3 nodos IFREMER:

- En otoño hay una disminución en la frecuencia del oleaje proveniente del noreste.
- En invierno hay una disminución en la frecuencia del oleaje del sur, la cual es significativa en el nodo 3.
- En primavera hay un aumento en la frecuencia del oleaje proveniente del noreste.
- Las mayores alturas de ola son más frecuentes en otoño, invierno y primavera.
- En verano, el sea es mucho más frecuente que en otra estación del año, con una dirección del noreste y un periodo principalmente en el rango de los 4 y los 8 segundos.
- En otoño e invierno es más frecuente el oleaje de largos periodos, es decir *swell*, con periodos mayores a los 12 segundos.

3.2.5 Parámetros físico-químicos del agua de mar

De la misma manera que con los campos de corrientes, se extrajeron los distintos parámetros físico-químicos característicos del agua de mar puestos a disposición por el Programa Espacial COPERNICUS, accediendo a ellos a través de la Plataforma "My Ocean".

En las siguientes figuras se presentan los campos de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, silicatos, fitoplancton y clorofila (a) en la superficie del mar para los meses de enero (verano), abril (otoño), julio (invierno) y octubre (primavera), a saber:

Figura 87, Figura 88, Figura 89 y Figura 90: temperatura en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Figura 91, Figura 92, Figura 93 y Figura 94: salinidad en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Figura 95, Figura 96, Figura 97 y Figura 98: oxígeno disuelto en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Figura 99, Figura 100, Figura 101 y Figura 102: nitratos en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Figura 103, Figura 104, Figura 105 y Figura 106: fosfatos en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Figura 107, Figura 108, Figura 109 y Figura 110: silicatos en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Figura 111, Figura 112, Figura 113 y Figura 114: fitoplancton en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

Figura 115, Figura 116, Figura 117 y Figura 118: clorofila (a) en verano, otoño, invierno y primavera, respectivamente.

En las mencionadas figuras, el polígono magenta corresponde al Bloque CAN 102 y el polígono blanco al Área de Adquisición.



Los campos de temperatura y de salinidad dan cuenta de la presencia de la corriente fría de Malvinas, de la corriente cálida y más salina de Brasil y del extraordinario proceso que constituye la confluencia de las mismas y caracteriza la alta variabilidad de la región.

El Área de Adquisición sísmica, ubicada en la zona de confluencia de las corrientes, es bañada tanto por la masa de agua fría subantártica de Malvinas como por la cálida de Brasil, así como por la zona de mezcla entre las mismas con sus grandes remolinos y meandros.

La zona objeto de este estudio está caracterizada por regiones de alta productividad que pueden ser análogas a "oasis". Los frentes marinos pueden considerarse como tales, dado que ocupan una superficie pequeña de gran importancia en la regulación del transporte de sales, calor, nutrientes, interacciones mar-atmósfera y varios procesos ecosistémicos. Los procesos biológicos que allí ocurren determinan propiedades ecológicas particulares, necesarias para un aumento de la producción primaria en dichas regiones.

En la confluencia coexisten y se mezclan aguas subtropicales y subantárticas que determinan importantes gradientes físico-químicos y favorecen la presencia de altas concentraciones de nutrientes con importantes consecuencias biológicas para todo el ecosistema. Asimismo, el flujo de retorno de la Corriente de Malvinas, que se dirige al sudeste, genera la surgencia de aguas profundas que enriquecen el contenido de los nutrientes de las aguas superficiales.

Por otro lado, la región del frente de talud situado en el borde de la plataforma continental, y que se extiende por más de 1.500 km, es una de las de mayor productividad del mundo.

A lo largo de este frente se encuentran altas concentraciones de nutrientes, transportados por las aguas subantárticas de la Corriente de Malvinas. La producción primaria, determinada por la clorofila y el fitoplancton, está asociada a la presencia de nutrientes.



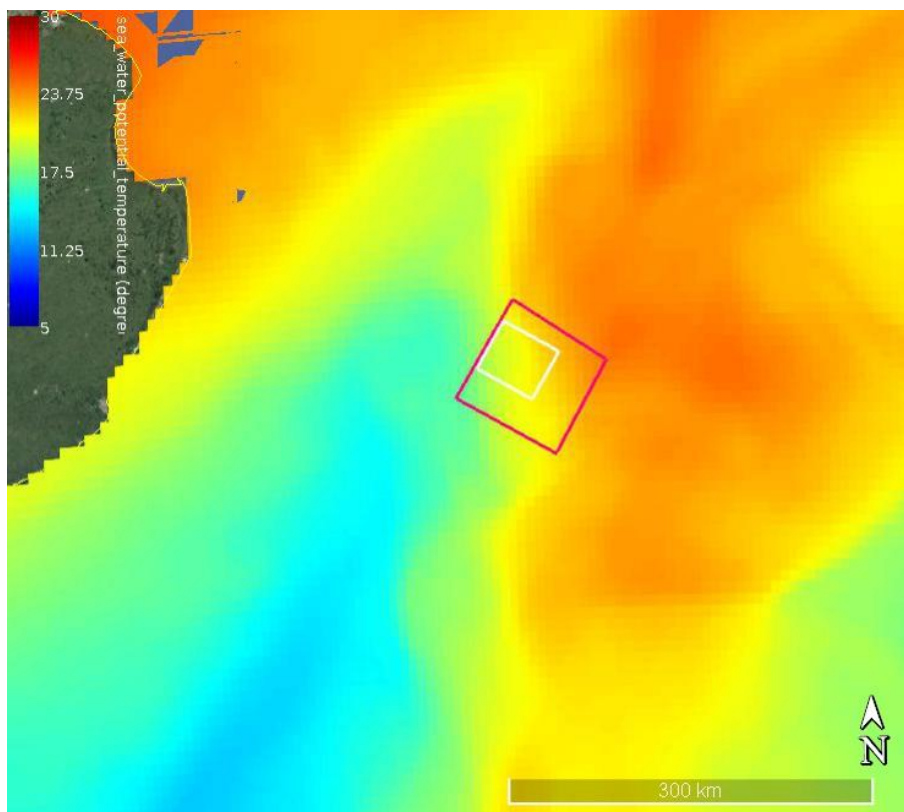


Figura 87. Temperatura potencial en superficie (°C) para el mes de febrero. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

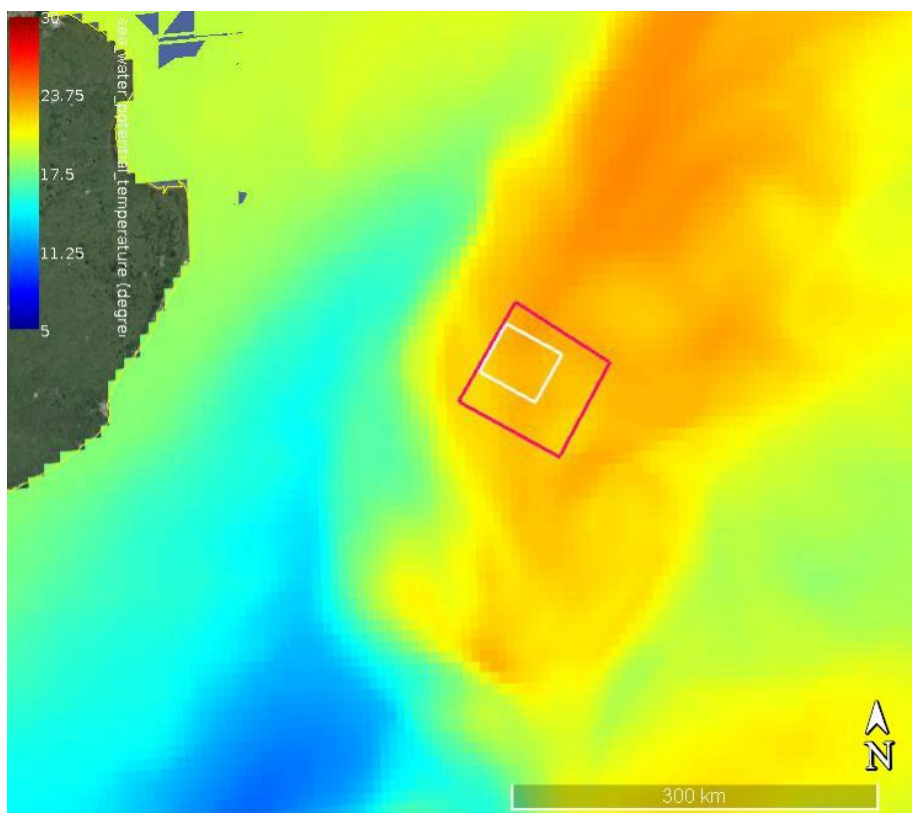


Figura 88. Temperatura potencial en superficie (°C) para el mes de abril. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

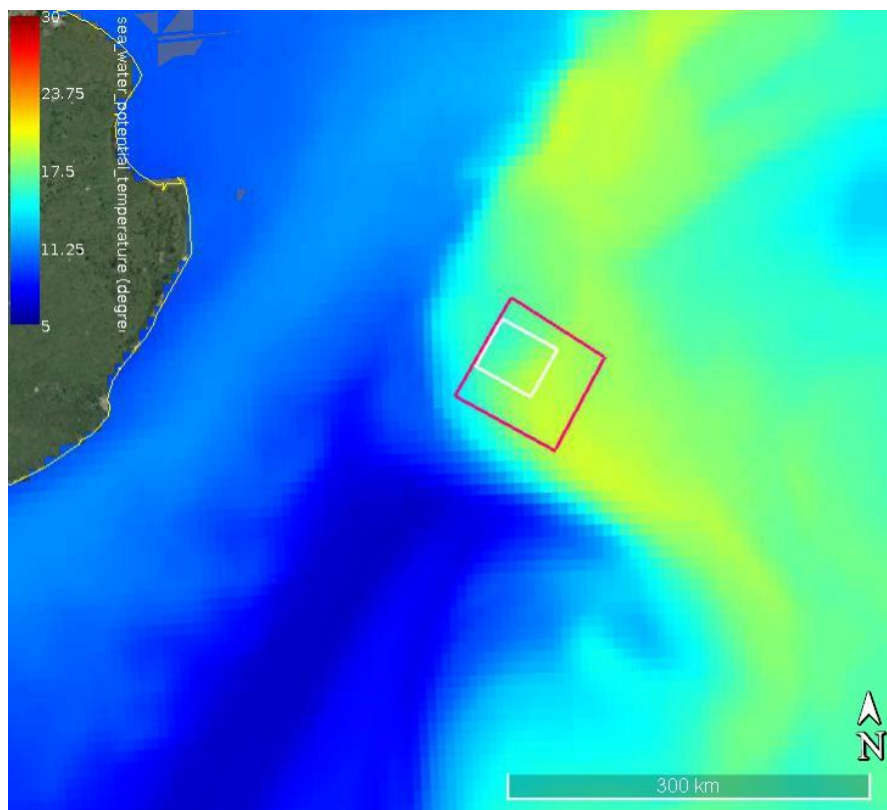


Figura 89. Temperatura potencial en superficie (°C) para el mes de julio. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma “My Ocean”.

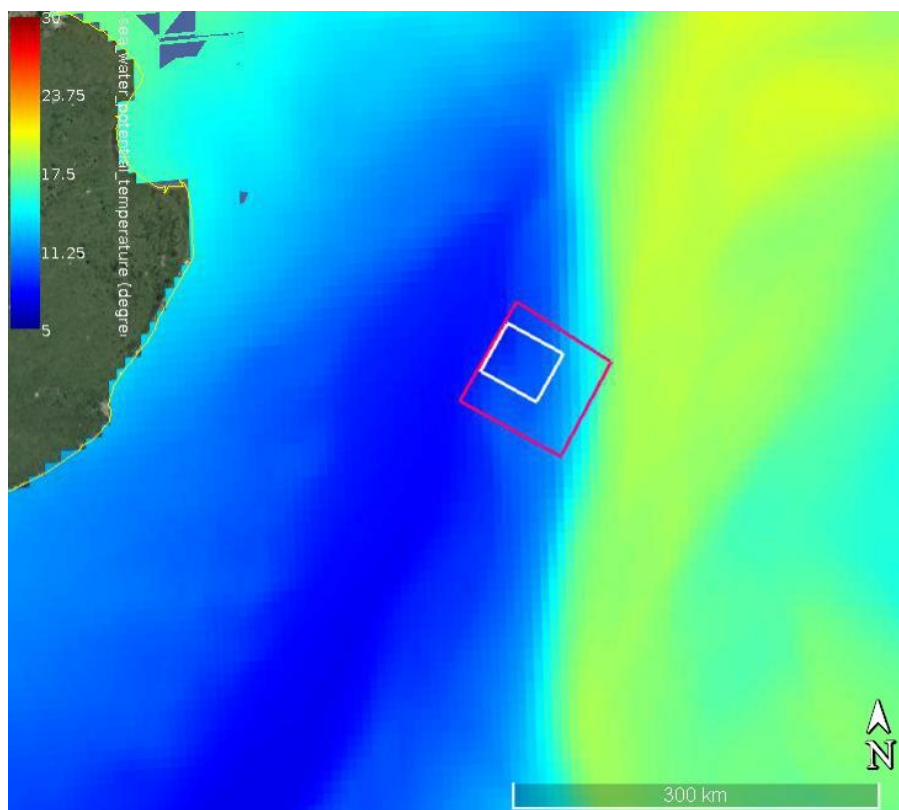


Figura 90. Temperatura potencial en superficie (°C) para el mes de octubre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma “My Ocean”.

[Firma manuscrita]

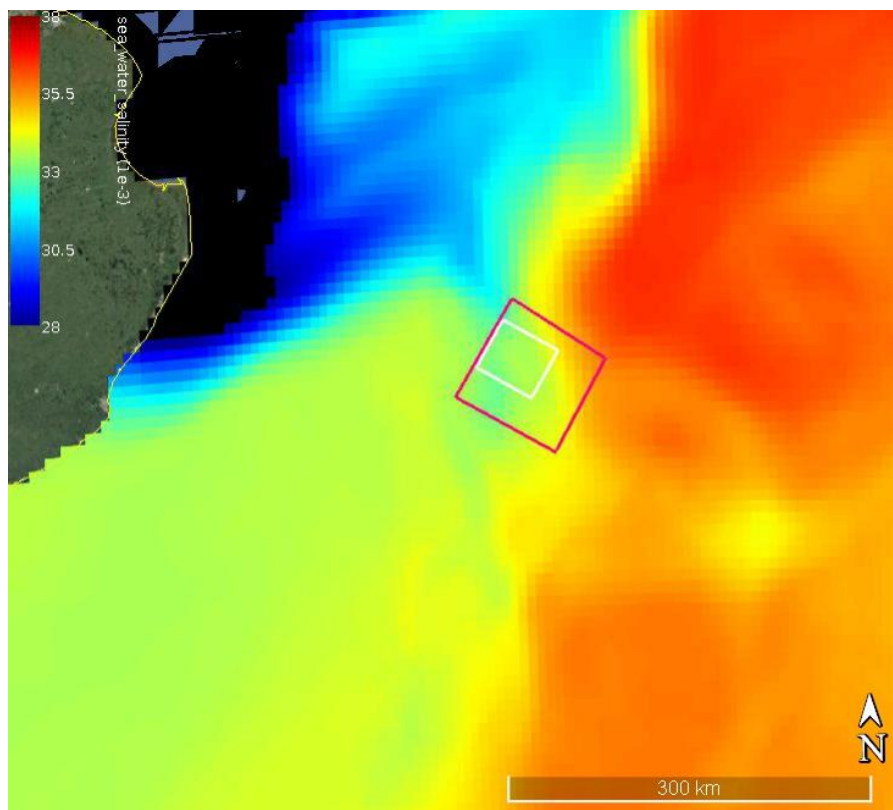


Figura 91. Salinidad (‰) en superficie para el mes de febrero. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

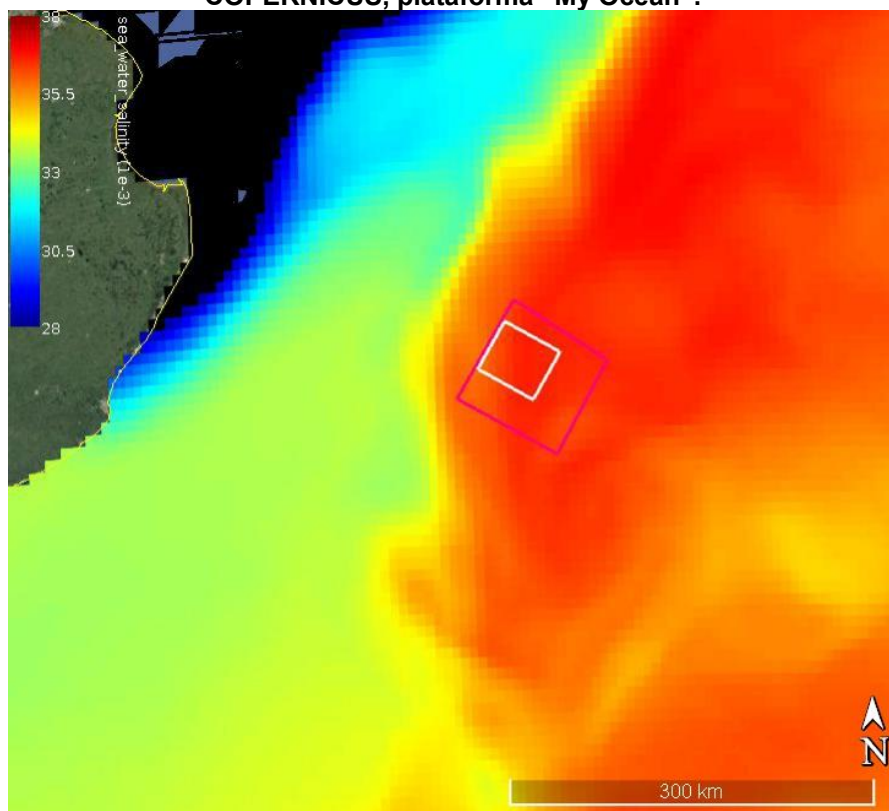


Figura 92. Salinidad (‰) en superficie para el mes de abril. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

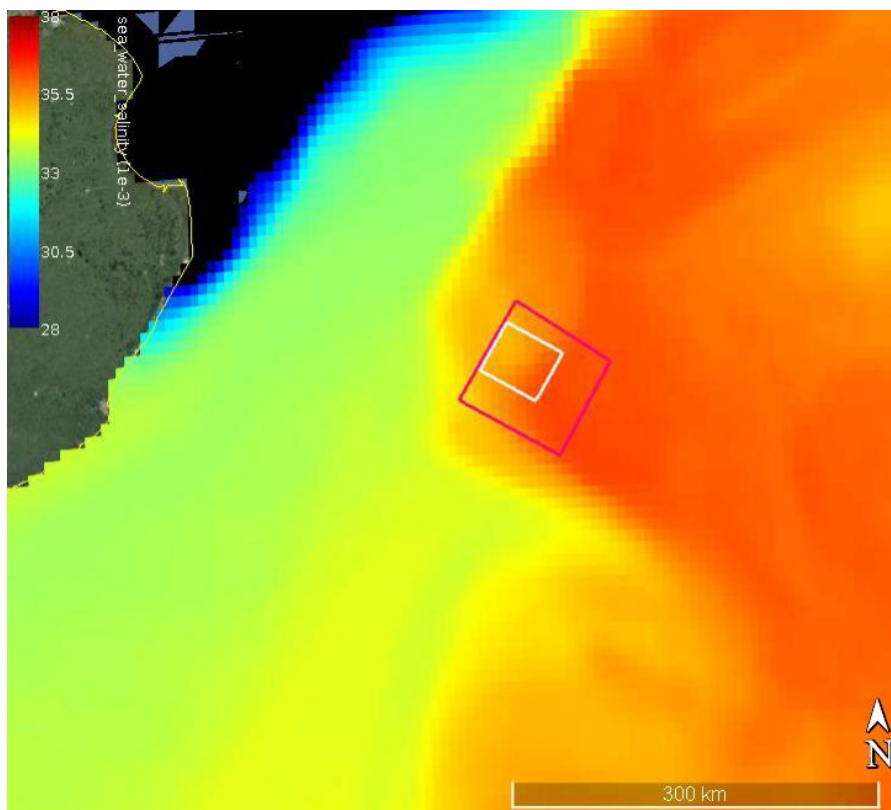


Figura 93. Salinidad (‰) en superficie para el mes de julio. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

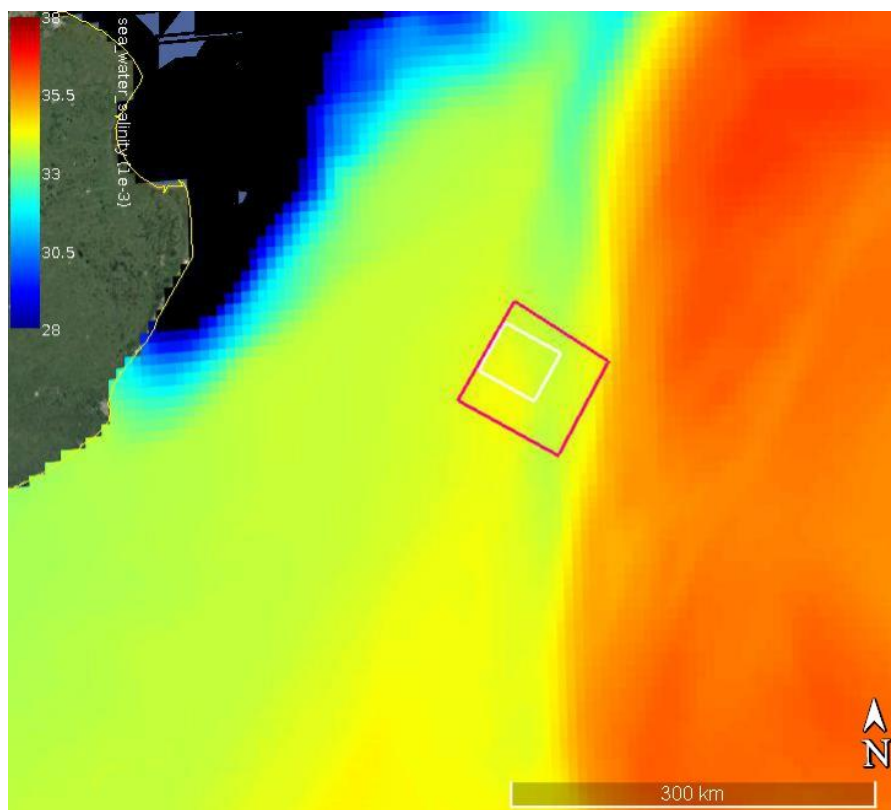


Figura 94. Salinidad (‰) en superficie para el mes de octubre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

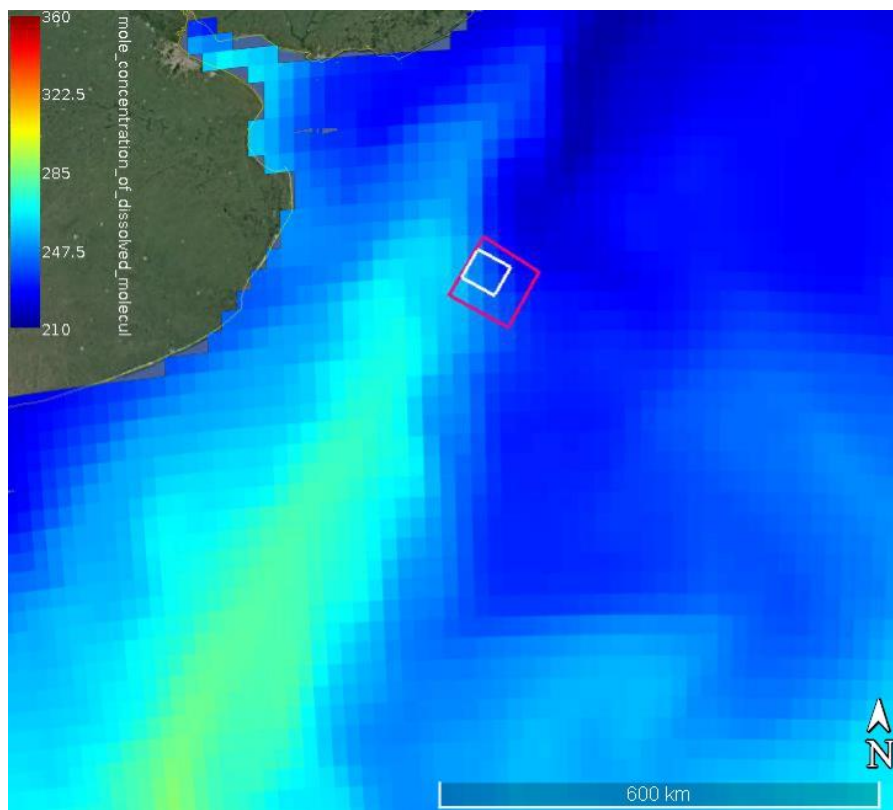


Figura 95. Oxígeno Disuelto (mmol/m³) en superficie para el mes de febrero. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

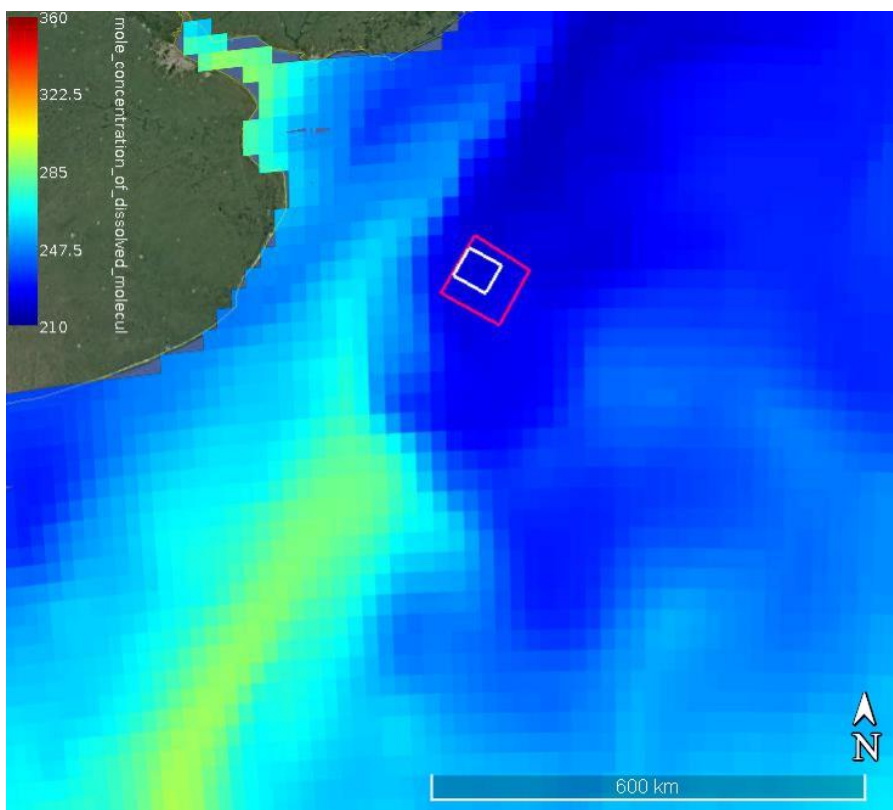


Figura 96. Oxígeno Disuelto (mmol/m³) en superficie para el mes de abril. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

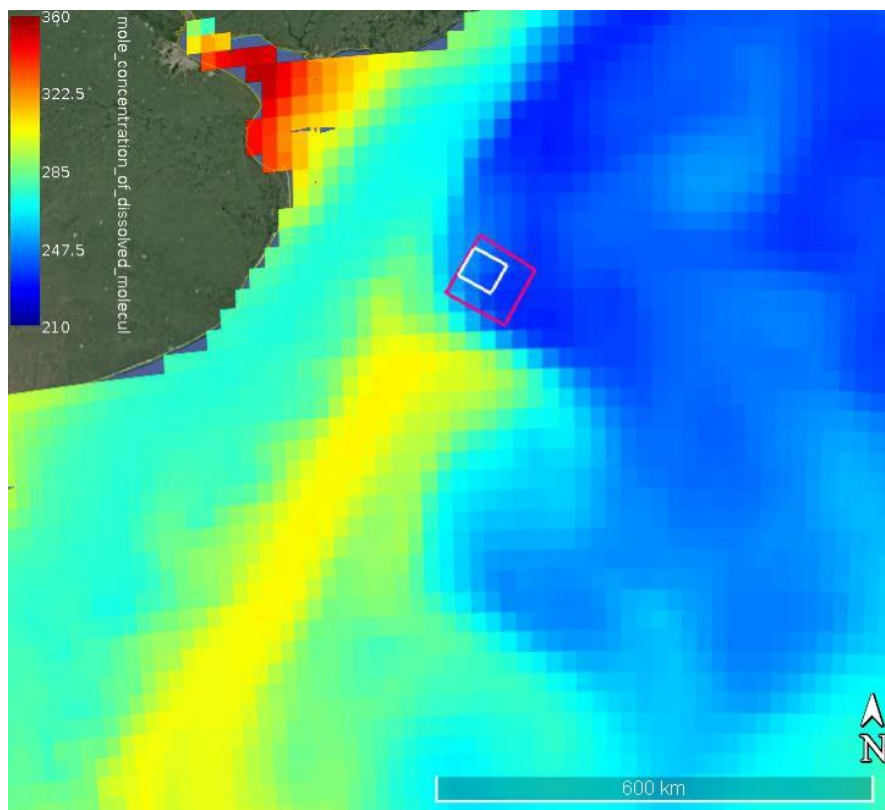


Figura 97. Oxígeno Disuelto (mmol/m3) en superficie para el mes de julio. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

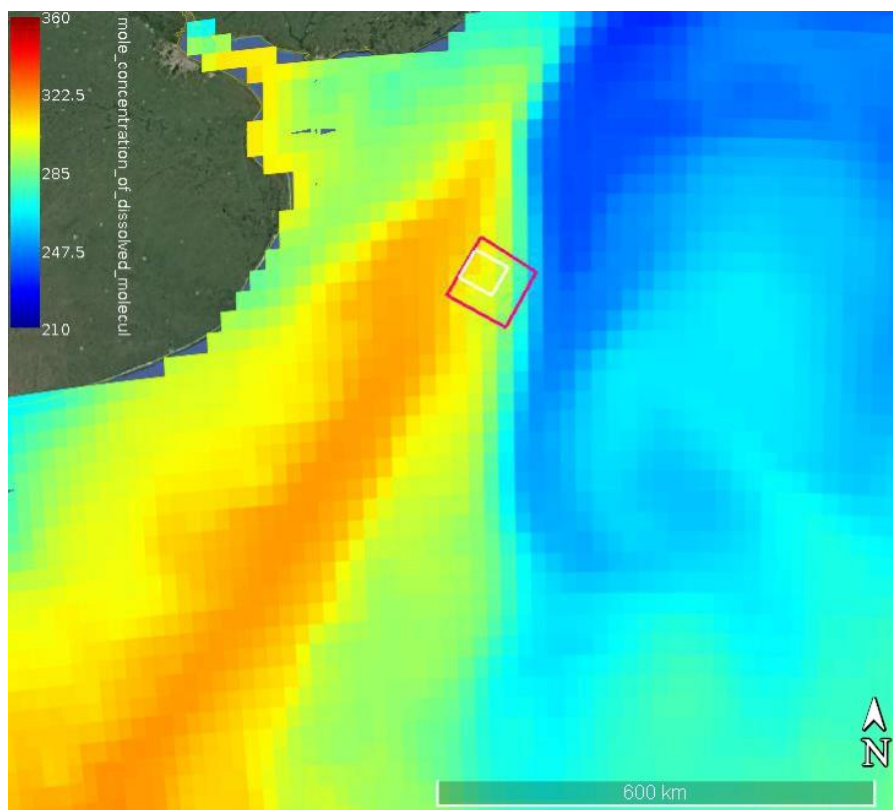


Figura 98. Oxígeno Disuelto (mmol/m3) en superficie para el mes de octubre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

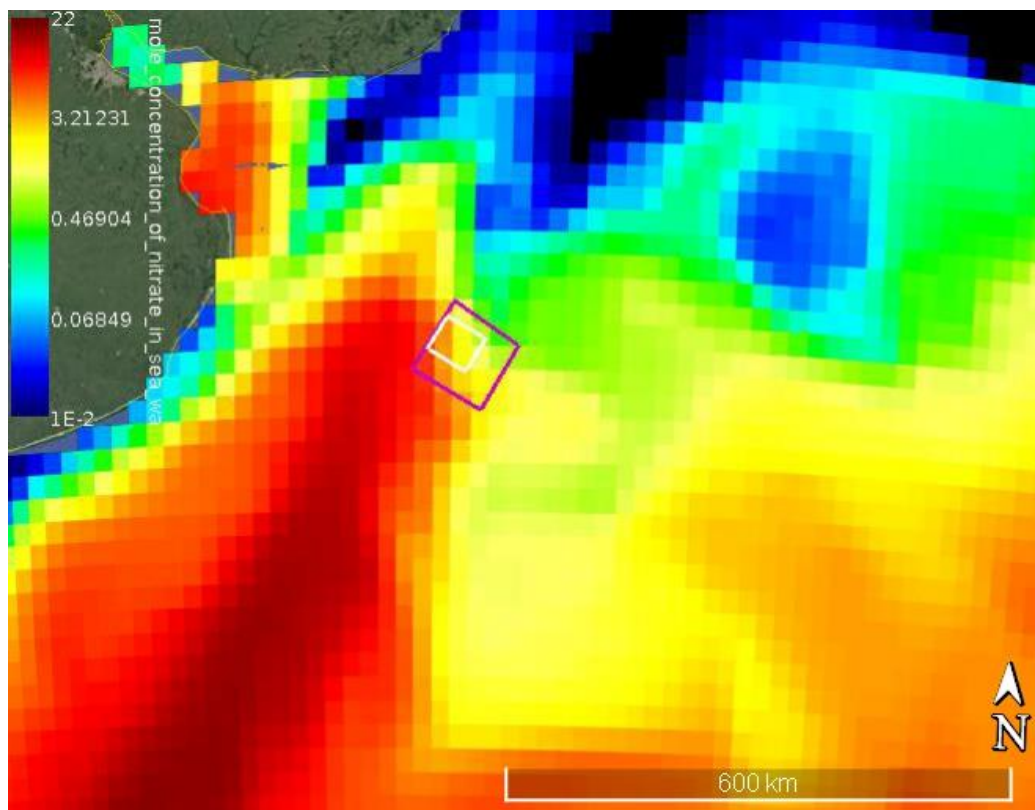


Figura 99. Nitrato (mmol/m³) en superficie para el mes de febrero. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

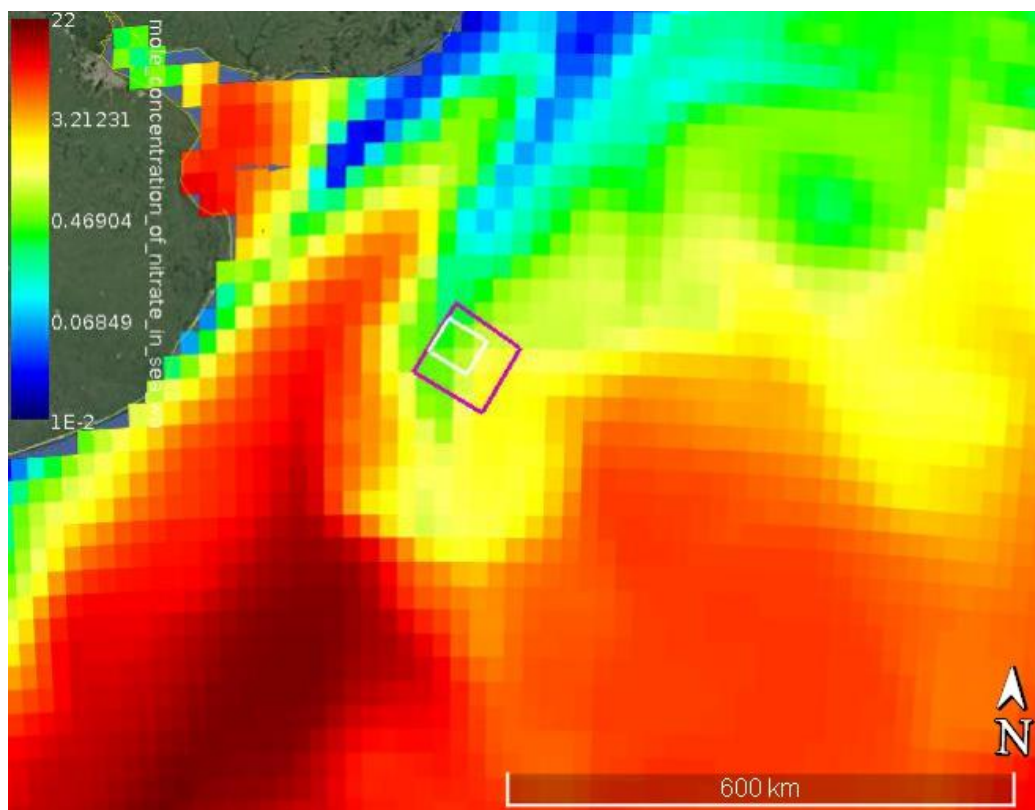


Figura 100. Nitrato (mmol/m³) en superficie para el mes de abril. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

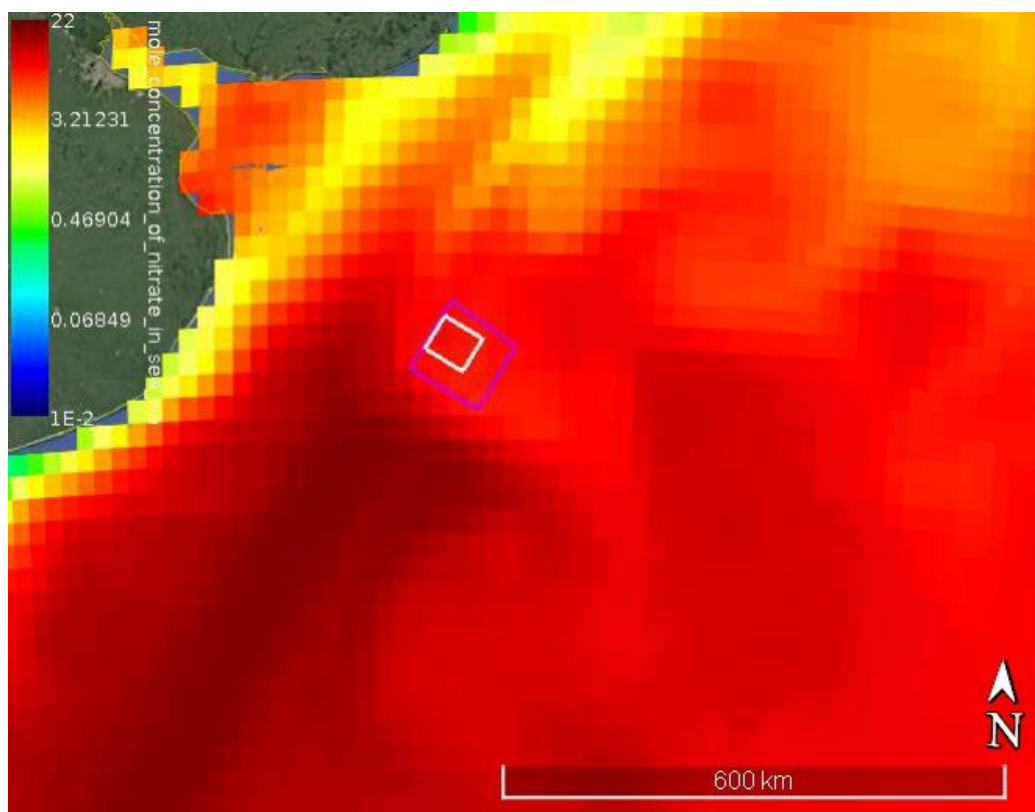


Figura 101. Nitrato (mmol/m3) en superficie para el mes de julio. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

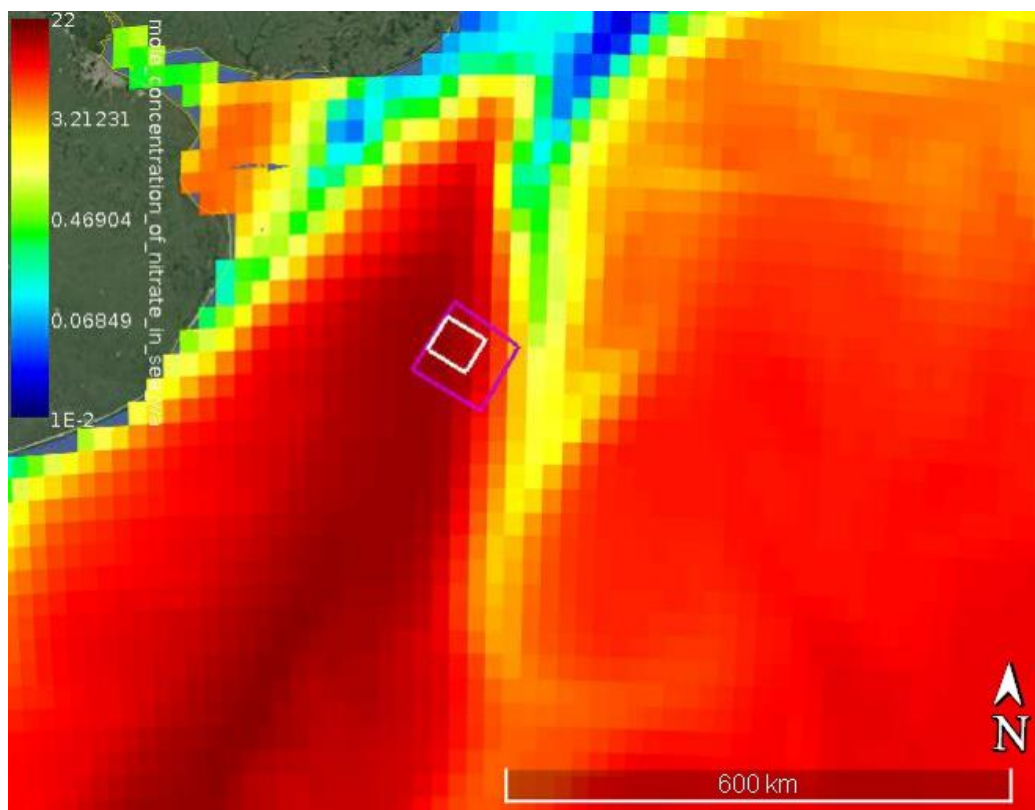


Figura 102. Nitrato (mmol/m3) en superficie para el mes de octubre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

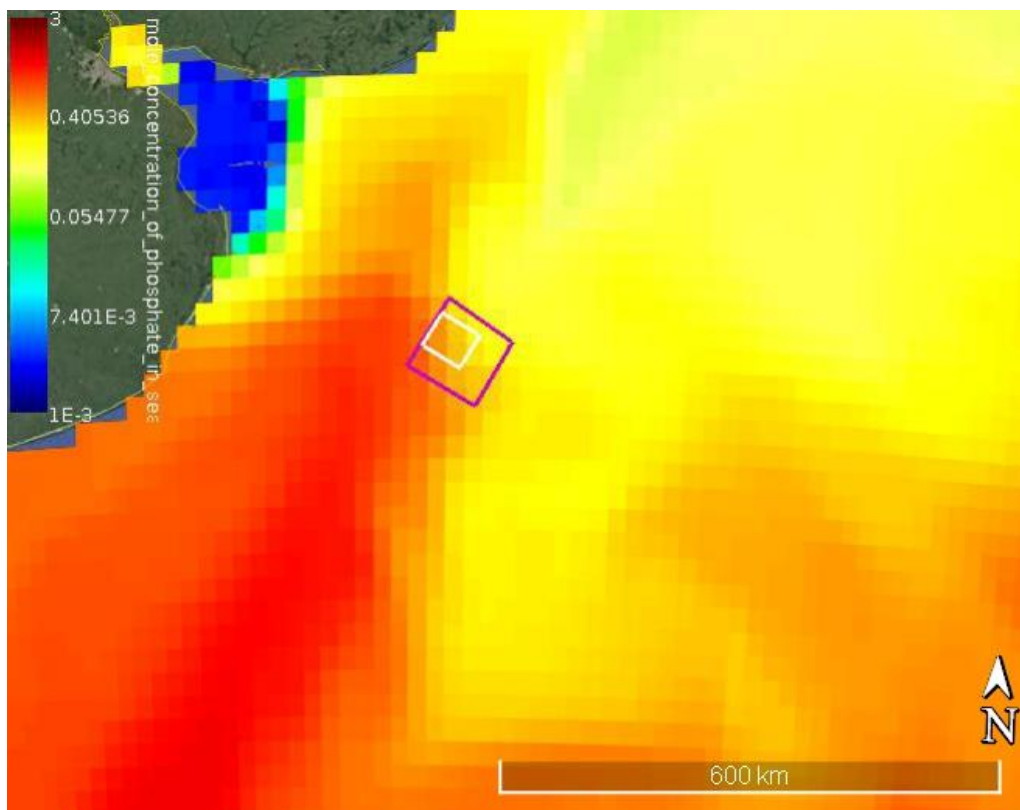


Figura 103. Fosfato (mmol/m³) en superficie para el mes de febrero. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

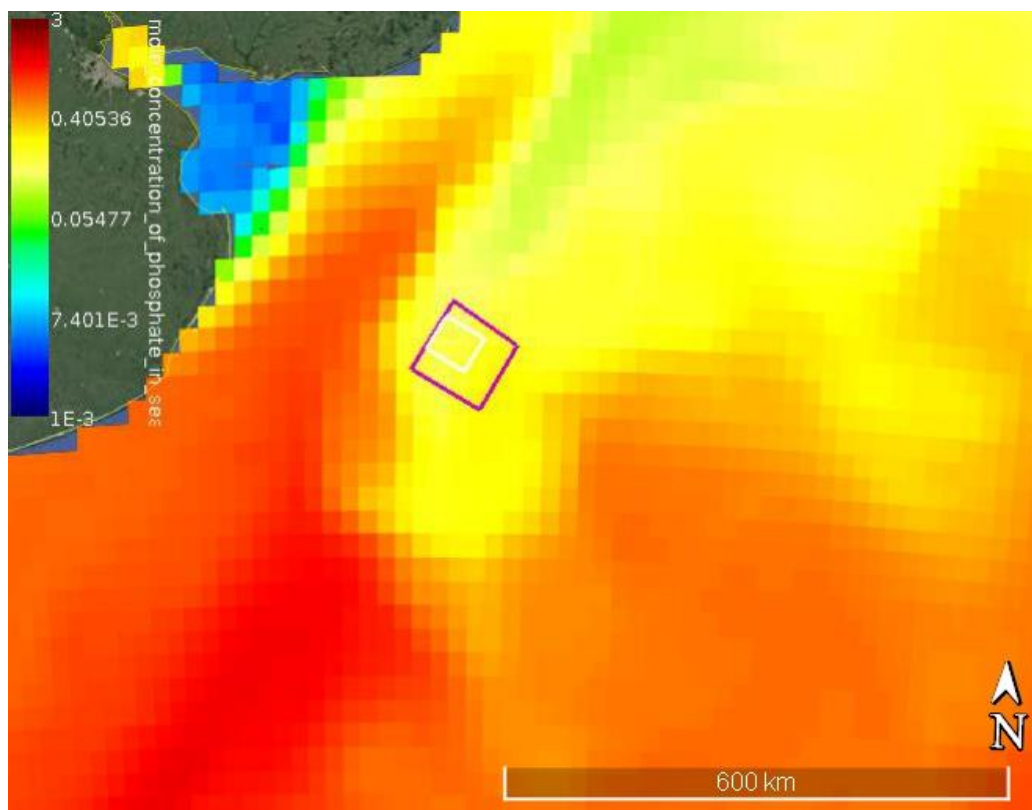


Figura 104. Fosfato (mmol/m³) en superficie para el mes de abril. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]



Serman
& asociados s.a.
Consultora

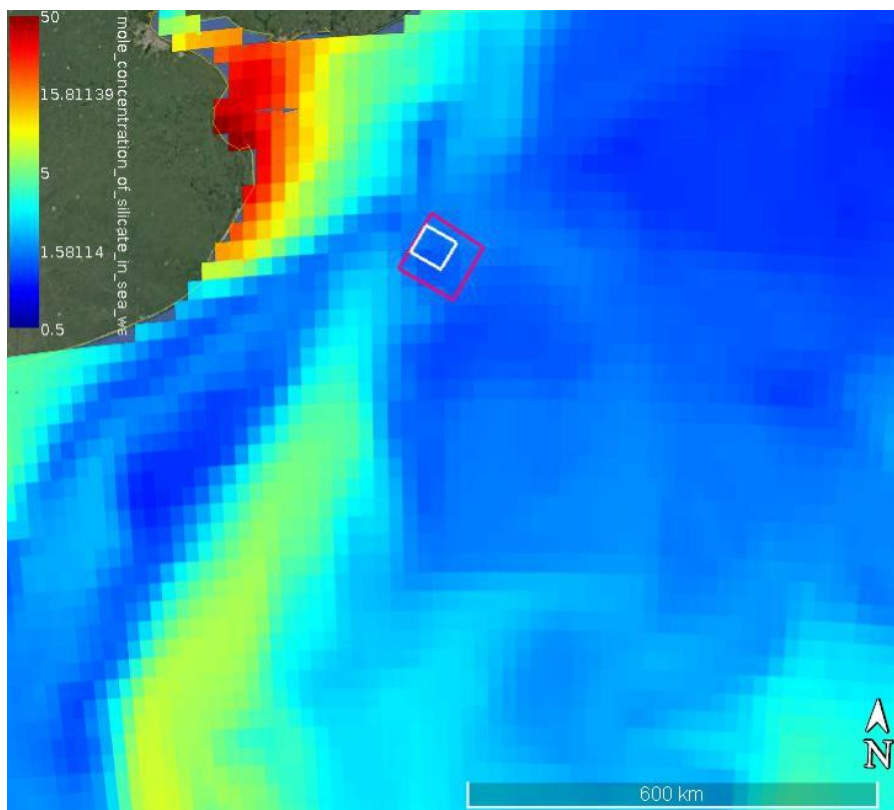


Figura 107. Silicato (mmol/m³) en superficie para el mes de febrero. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

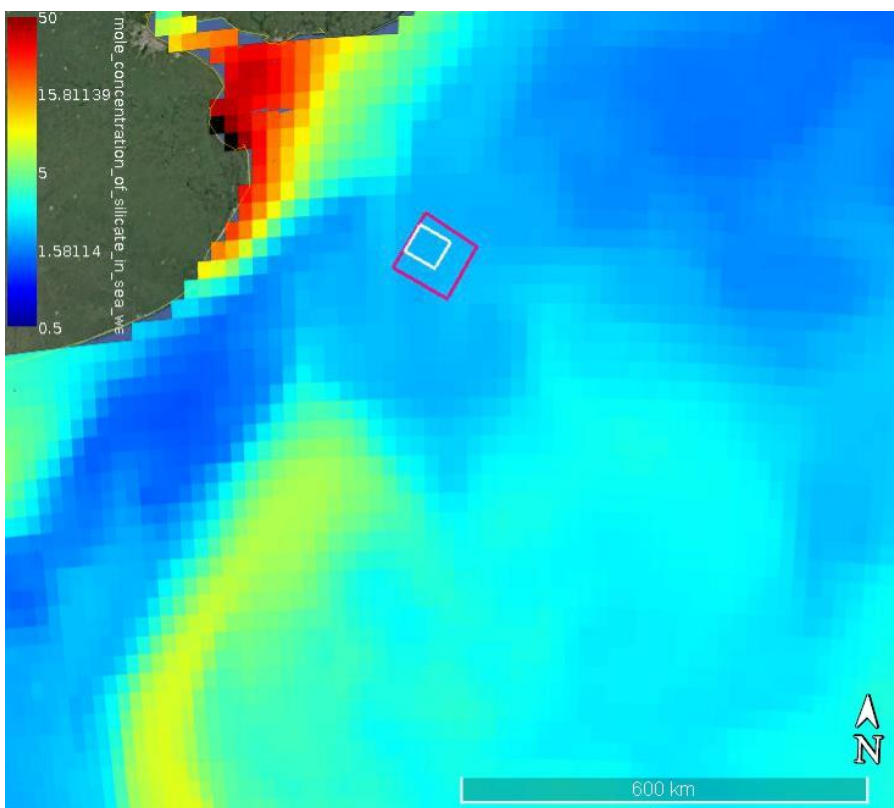


Figura 108. Silicato (mmol/m³) en superficie para el mes de abril. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

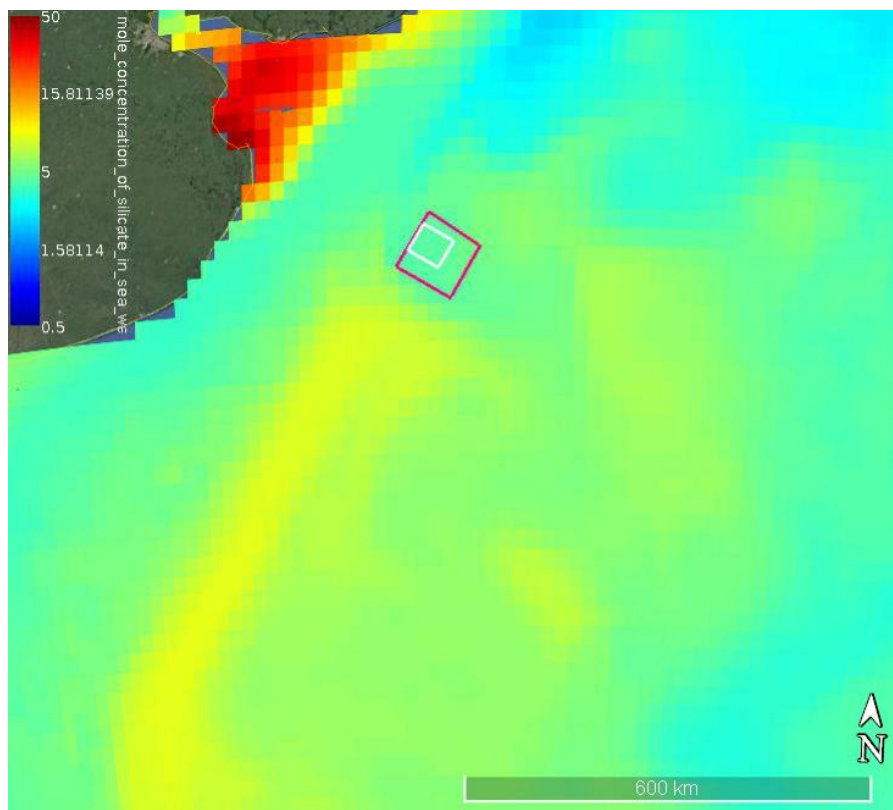


Figura 109. Silicato (mmol/m3) en superficie para el mes de julio. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

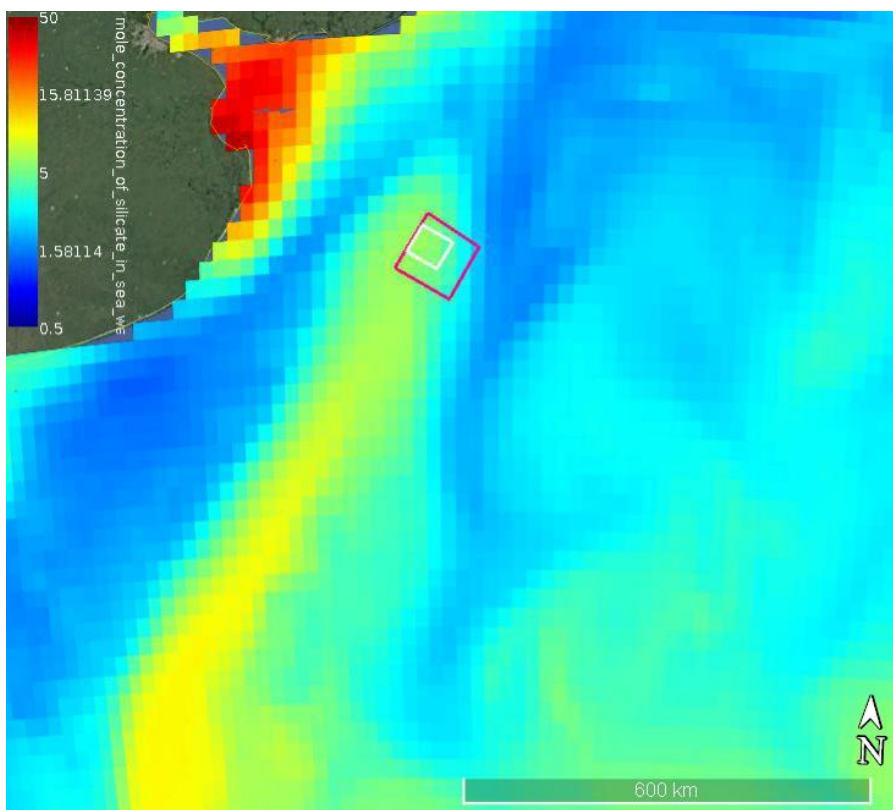


Figura 110. Silicato (mmol/m3) en superficie para el mes de octubre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

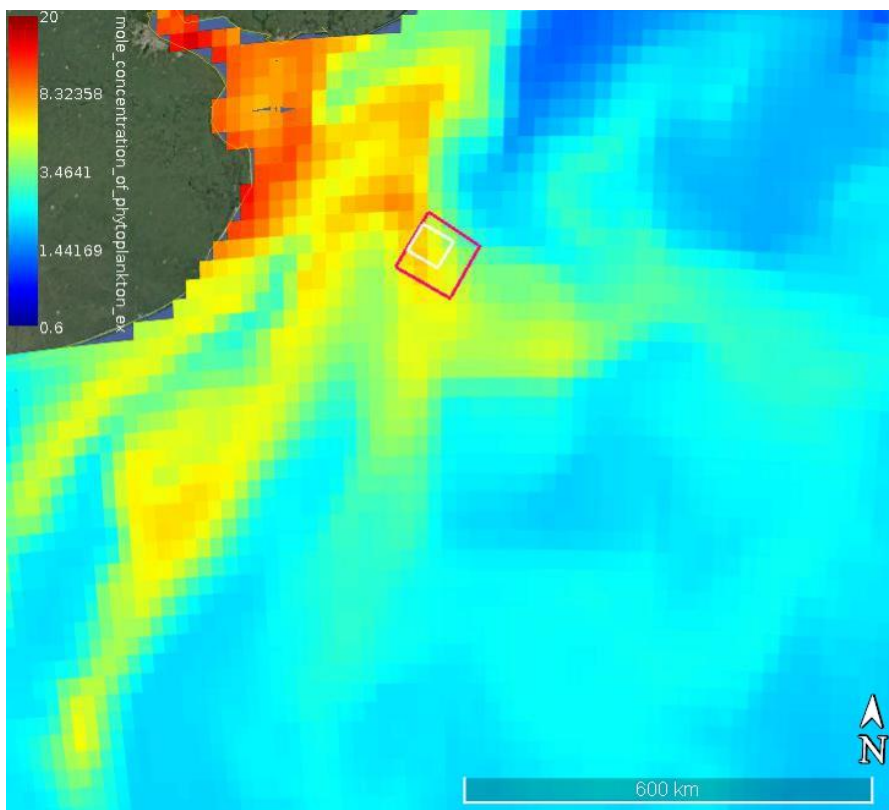


Figura 111. Fitoplancton (mmol/m3) en superficie para el mes de febrero. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

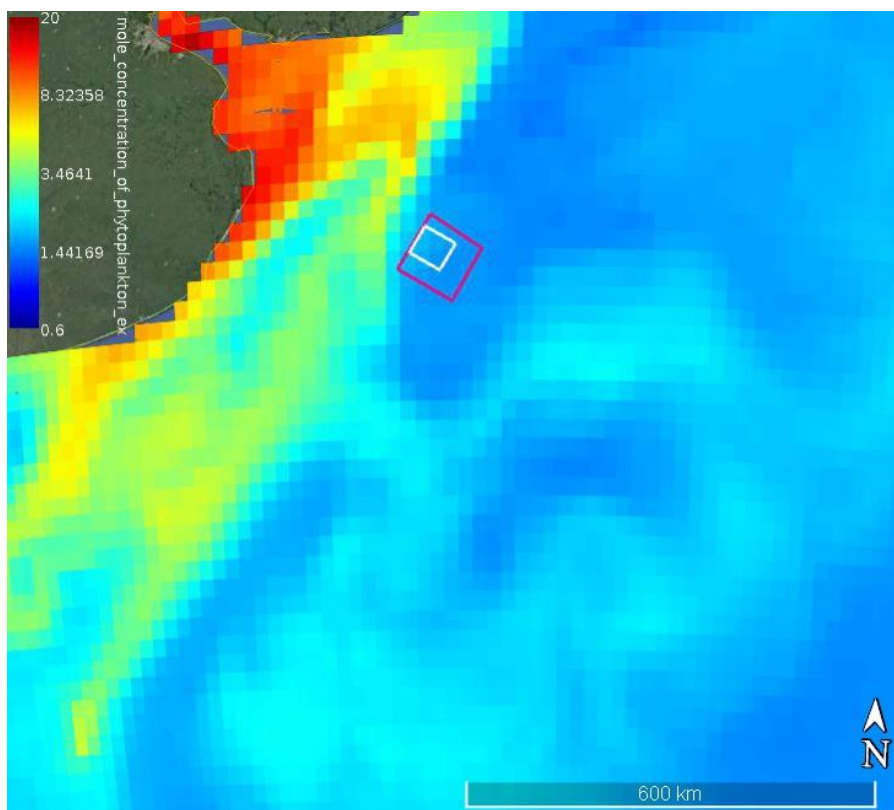


Figura 112. Fitoplancton (mmol/m3) en superficie para el mes de abril. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

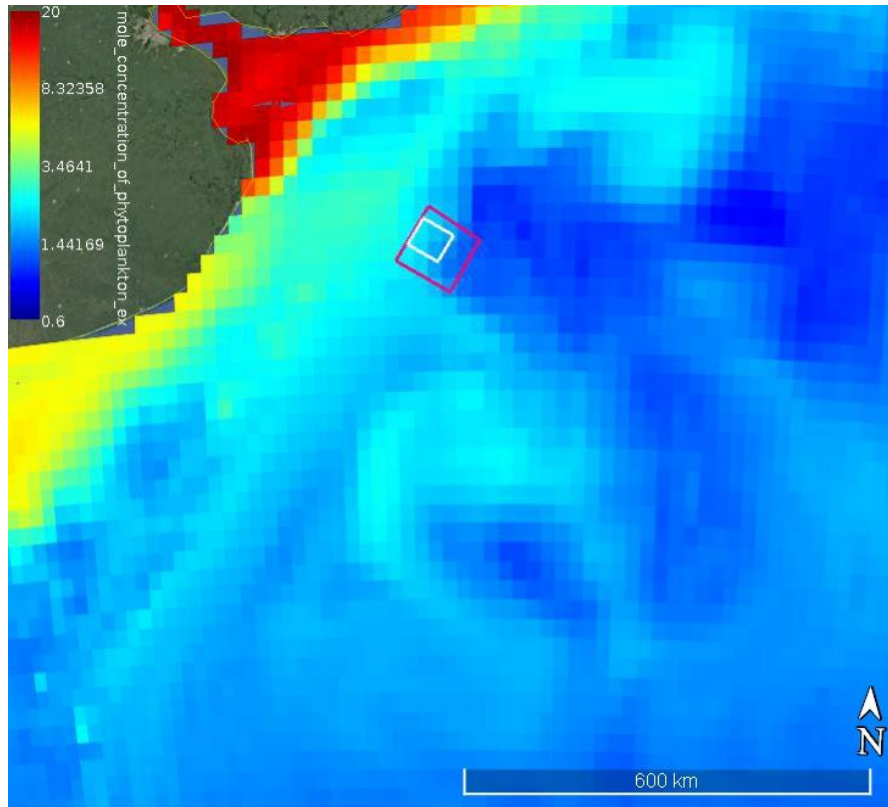


Figura 113. Fitoplancton (mmol/m3) en superficie para el mes de julio. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

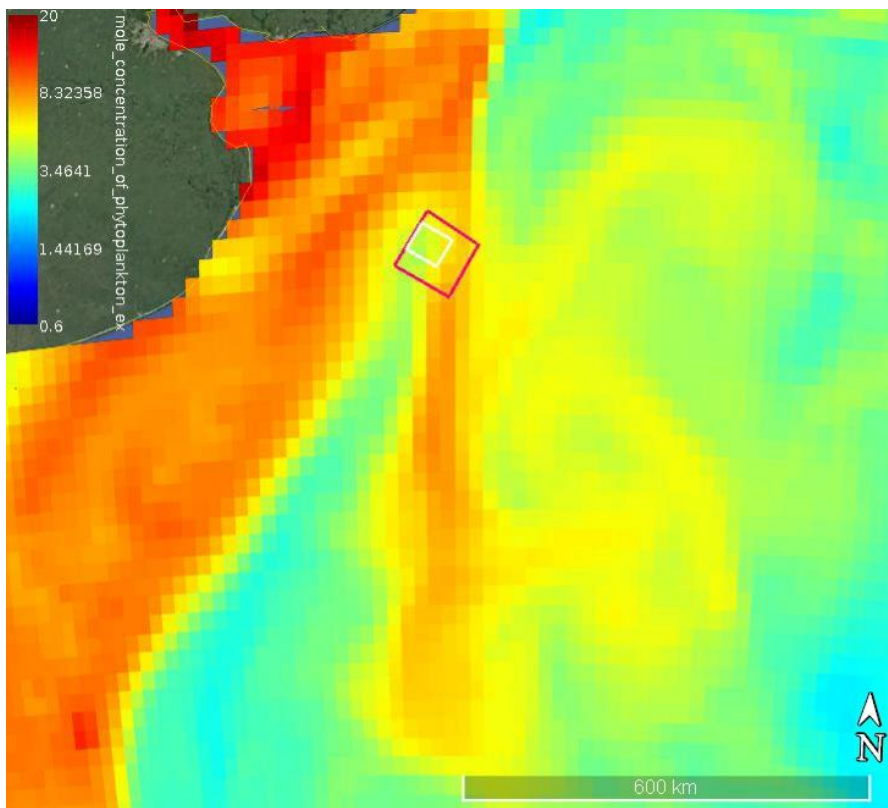


Figura 114. Fitoplancton (mmol/m3) en superficie para el mes de octubre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma "My Ocean".

[Firma manuscrita]

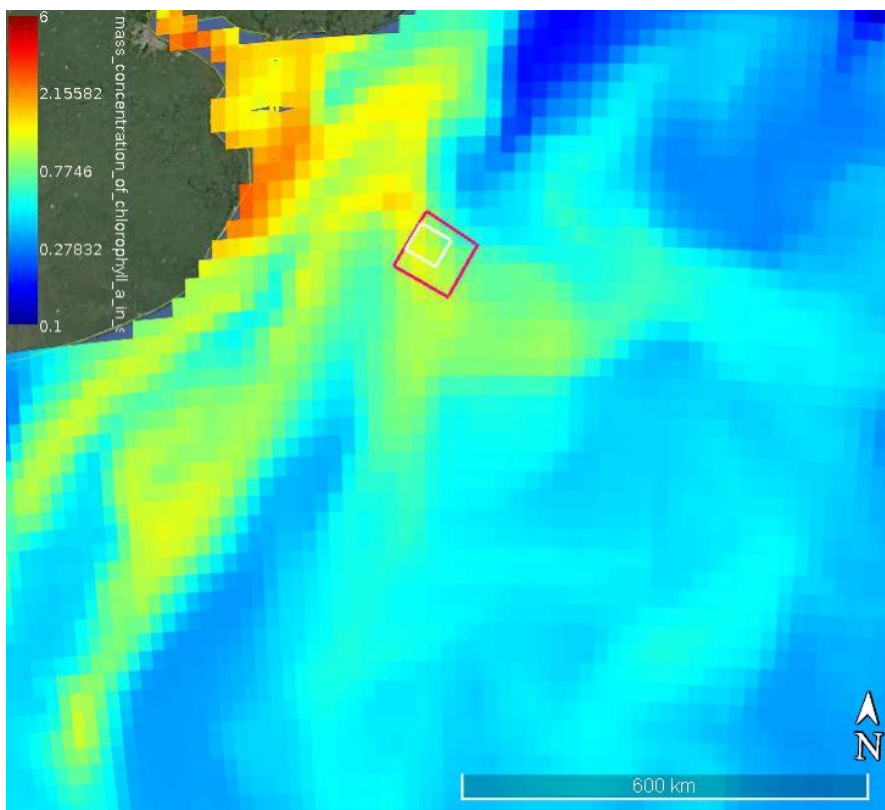


Figura 115. Clorofila (a) (mg/m3) en superficie para el mes de febrero. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma “My Ocean”.

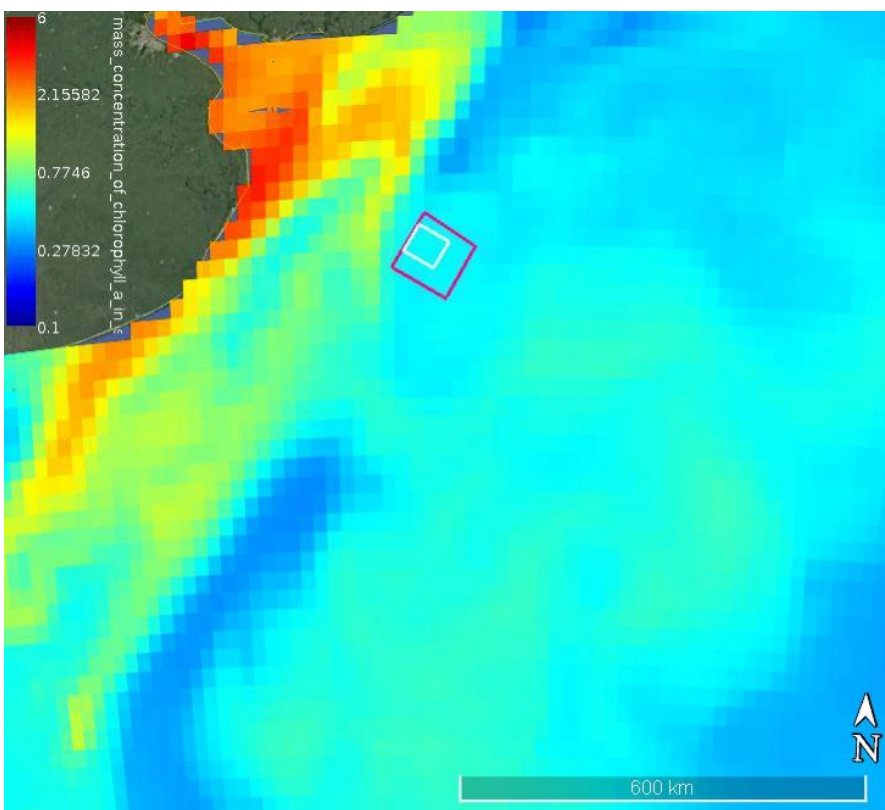


Figura 116. Clorofila (a) (mg/m3) en superficie para el mes de abril. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma “My Ocean”.

[Firma manuscrita]

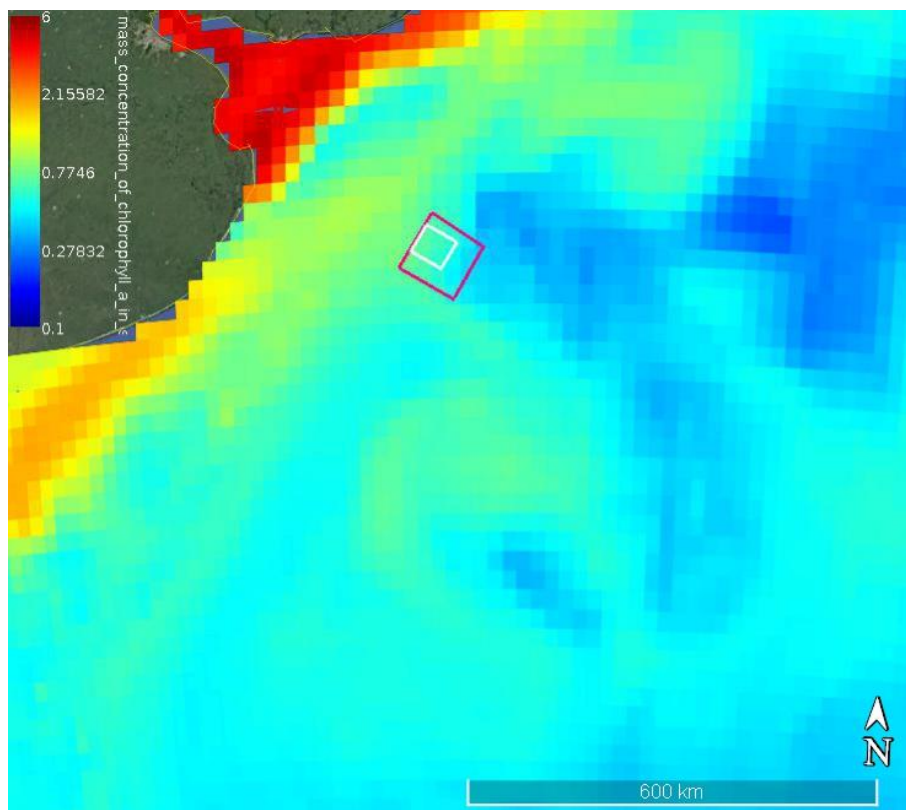


Figura 117. Clorofila (a) (mg/m³) en superficie para el mes de julio. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma “My Ocean”.

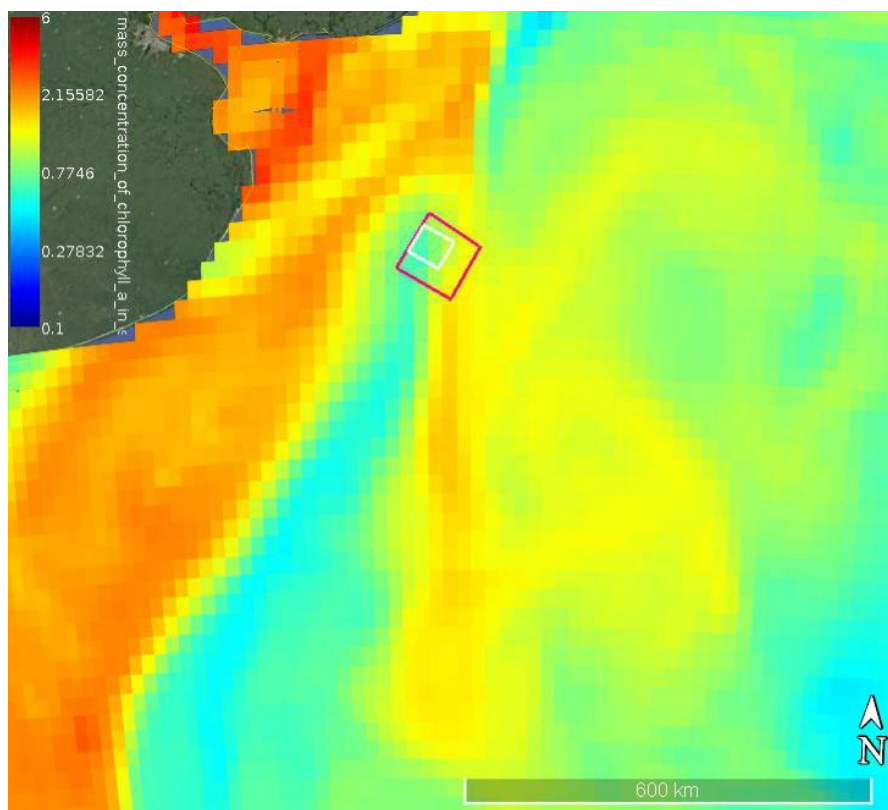


Figura 118. Clorofila (a) (mg/m³) en superficie para el mes de octubre. Fuente: Programa Espacial COPERNICUS, plataforma “My Ocean”.

[Firma manuscrita]

3.3 CLIMATOLOGÍA

En la zona de estudio la circulación atmosférica local está controlada por la combinación de los sistemas de alta presión del Pacífico Sur y Atlántico Sur. La circulación en dirección Sudoeste, asociada con el sistema de alta presión del Atlántico Sur, provoca la advección de aire cálido y húmedo desde regiones subtropicales. Anticiclones fríos sobre el sur de Argentina impulsan periódicamente (particularmente en invierno) masas de aire marítimo frío del Atlántico Sudoccidental sobre el área del litoral (FREPLATA, 2004).

En la Tabla 9 se presenta la tabla climática estacional del mar, del Océano Atlántico Sudoccidental (Bottomley, 1990).

Tabla 9. Tabla climática para el área comprendida entre 35°S-40°S y 60°W-50°W en el Océano Atlántico Sudoccidental. Fuente: Bottomley, 1990.

Mes	V (m/s)	PV (%)	P (mb)	Temperatura (°C)			e (mb)	r (%)	C (%)
				Mar	Aire	D			
Ene	5,3	18	1012	20,5	20,6	0,1	19,1	78	46
Feb	6,4	10	1012	20,6	20,1	-0,6	18,5	78	41
Mar	6,8	17	1016	19,9	18,7	-1,3	16,8	77	47
Abr	6,4	14	1016	18,6	17,6	-1,1	16,1	79	46
May	5,6	29	1016	15,8	14,9	-1,0	14,0	82	61
Jun	5,9	32	1015	13,1	12,3	-0,7	12,2	83	66
Jul	6,4	24	1019	10,9	10,8	-0,1	10,6	80	65
Ago	6,5	19	1018	11,7	11,1	-0,5	10,9	80	54
Sep	5,9	16	1018	12,0	12,1	0,0	11,7	84	55
Oct	5,4	23	1015	13,6	13,9	0,2	13,5	84	49
Nov	5,9	26	1014	16,2	16,5	0,3	15,5	81	58
Dic	6,0	27	1011	18,7	18,5	-0,2	16,9	78	51
Anual	6,0	21	1015	16,0	15,6	-0,4	14,6	80	53
V= Viento medio PV= Permanencia del viento P= Presión atmosférica media D= Tmar-Taíre					e= Presión de vapor media r=Humedad relativa media C=Nubosidad				

Como fuera mencionado anteriormente (ver Punto 3.2.2), la Plataforma Continental Argentina está dominada por aguas de origen subantártico diluidas por los aportes fluviales y el balance evaporación-precipitación, por lo que pueden diferenciarse regiones con masas de aguas de diferentes salinidades (Perillo y Kostadinoff 2005, Piola et al., 2010).

Asimismo, existe una fuerte variabilidad estacional impuesta por la circulación de dos corrientes: la de Malvinas de aguas subantárticas frías, de baja salinidad y rica en nutrientes, que fluye hacia el norte y la de Brasil de aguas subtropicales, cálidas y salinas, que fluye hacia el sur.



Estas corrientes representan las columnas vertebrales o ejes que marcan los ritmos oceanográficos y biológicos del área. La confluencia de las mismas se caracteriza por un importante frente termohalino de alta energía, con numerosos remolinos (*eddies*) y meandros de gran amplitud (información detallada sobre el fenómeno de la confluencia se presenta en el Punto 3.2.2).

La posición de la convergencia de estas corrientes varía latitudinalmente, 3° a 4° aproximadamente a lo largo del año, encontrándose más al sur durante el verano y más al norte durante el invierno (ver Figura 119 y Figura 121).

La zona está caracterizada por variaciones estacionales significativas. Provost, et al. (1992) muestran las variaciones de temperatura superficial a partir de mediciones en un punto ubicado en la zona de la convergencia. Las temperaturas varían entre 24°C y 6°C para las estaciones de verano e invierno (Figura 120).

Las temperaturas medias del agua en verano e invierno se presentan en la Figura 121. Se puede observar que las temperaturas medias del agua en verano varían desde los 22°C frente a las costas bonaerenses hasta los 6°C al sur de las Islas Malvinas, mientras que en invierno oscilan entre 12°C y 2°C respectivamente.

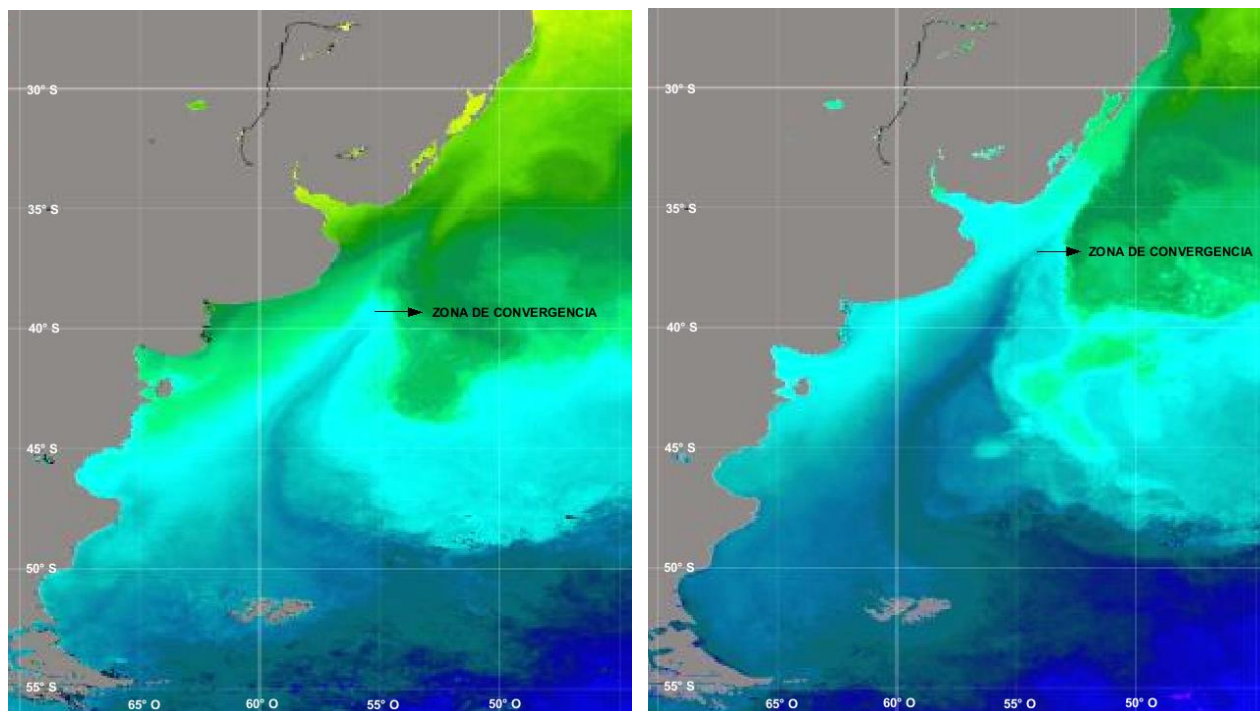


Figura 119. Temperaturas superficiales del agua en la zona de convergencia de la corriente fría de Malvinas y la corriente cálida de Brasil. Izquierda: verano austral; derecha: invierno austral. Fuente: Programa 2Mp de la Comisión Nacional de Actividades Espaciales -CONAE- (<https://2mp.conae.gov.ar/index.php/materiales-educativos/material-educativo/imagenes-satelitales/821-temperatura-superficial-del-mar>).



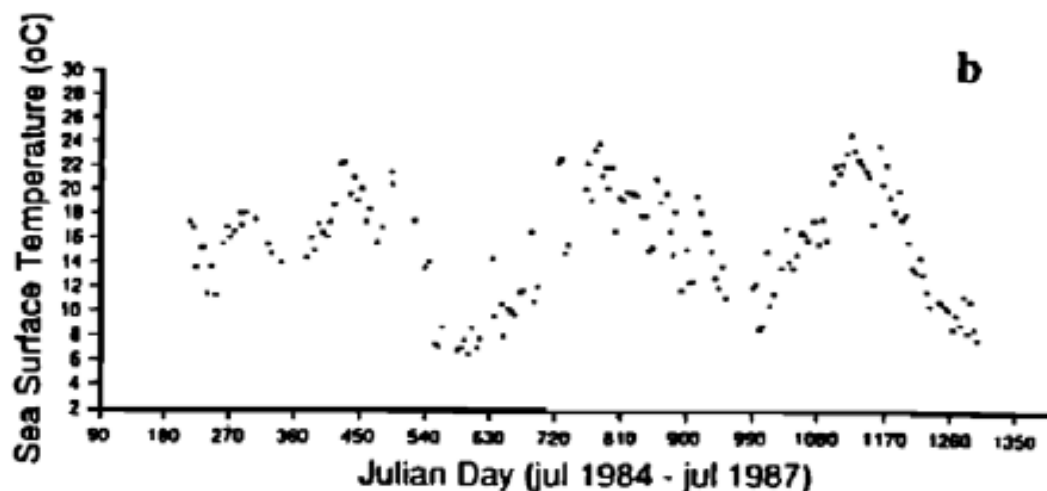


Figura 120. Variaciones de temperatura superficial a lo largo de 3 años. Fuente: Provost et al., 1992.

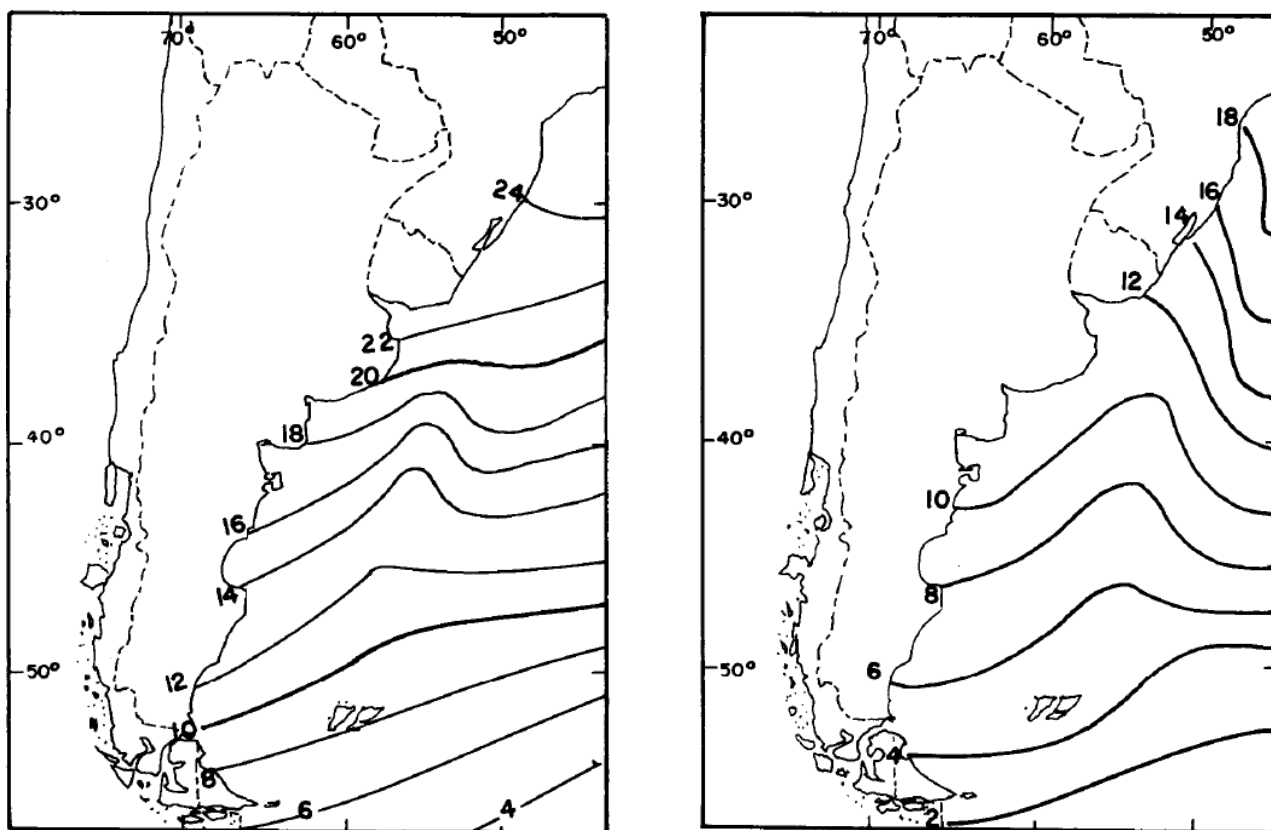


Figura 121. Temperatura de la superficie del mar (°C) correspondiente a los meses de enero (izquierda) y julio (derecha). Fuente: Boschi, 1997.

Sobre el mar, la temperatura del aire se ajusta rápidamente a la temperatura de la superficie del agua debido al intercambio calórico mar-atmósfera. La Figura 122 muestra las temperaturas medias del aire en superficie (Höflich, 1984) para los meses de enero y julio respectivamente. Éstas exhiben rasgos similares a las del mar. Las isohietas son relativamente paralelas y el gradiente térmico horizontal es mayor en verano que en invierno.

[Handwritten signature]

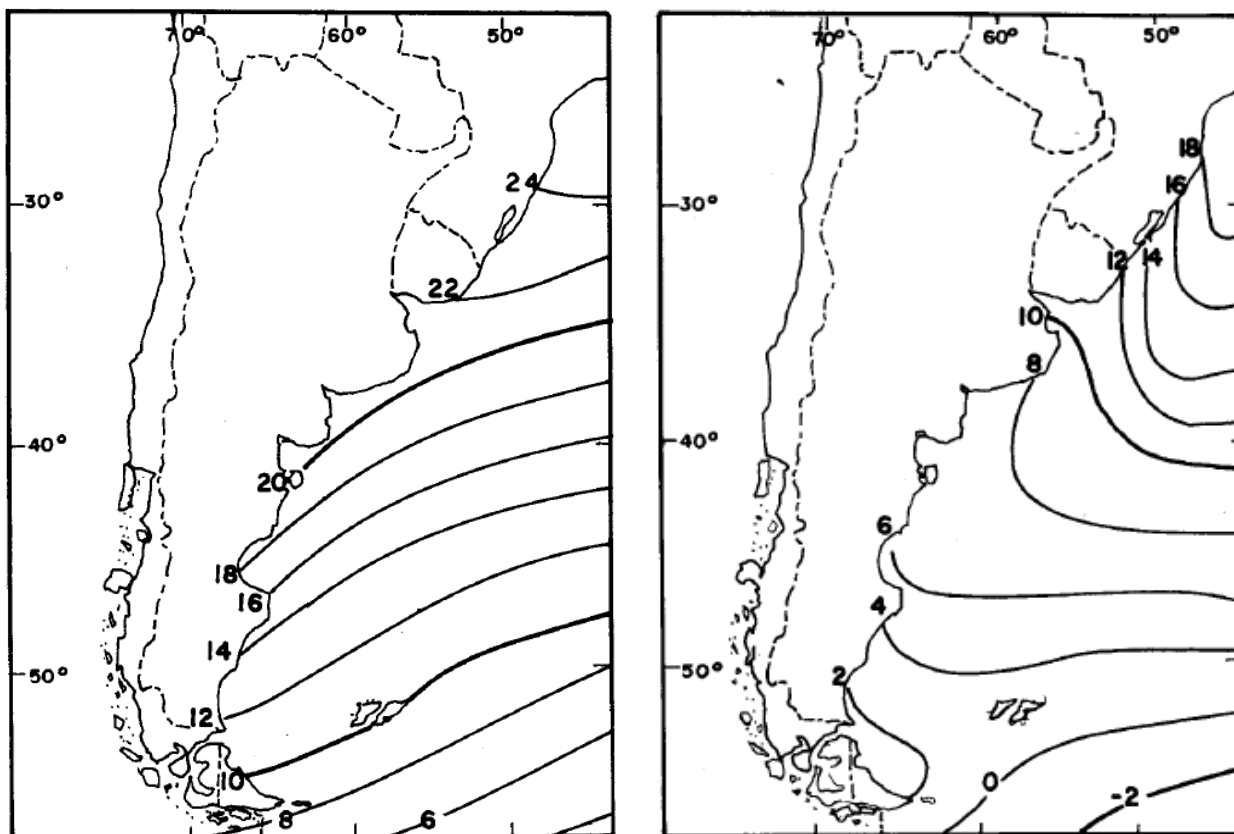


Figura 122. Temperatura del aire en superficie (°C) correspondiente a los meses de enero (izquierda) y julio (derecha). Fuente: Boschi, 1997.

La diferencia de temperaturas entre el mar y el aire ($T_{\text{mar}} - T_{\text{aire}}$) es un indicador importante de la estabilidad del aire en zonas marinas. Valores positivos indican una estratificación inestable que estimula la turbulencia atmosférica y el flujo de calor desde el mar a la atmósfera, pues el aire se calienta y absorbe vapor de agua. Este calor y humedad se propagan rápidamente hacia capas más altas de la atmósfera produciéndose la formación de nubes, precipitación, etc. Valores negativos muestran una estratificación estable e indican que la atmósfera está siendo enfriada. Pero este enfriamiento no se propaga con la misma rapidez ni alcanzará capas muy altas de la atmósfera, produciéndose en algunos casos formación de nieblas o nubosidad del tipo *stratus*. Esta diferencia de temperatura, aunque pequeña, es responsable de la generación de procesos atmosféricos que afectan en parte el desarrollo de los sistemas de tiempo sobre el mar. Uno de los ejemplos más característicos es la formación de nieblas marinas. Sobre el mar epicontinental argentino la atmósfera transfiere calor al mar durante la estación estival. En invierno, en cambio, se invierte el flujo de calor y el mar le transfiere calor a la atmósfera (Boschi, 1997).

Las escasas precipitaciones anuales en la Patagonia, inferiores a 250 mm, caracterizan también el sector occidental del Mar Argentino hasta una distancia de 150 km a 200 km de la costa; a partir de allí las precipitaciones aumentan hacia el este hasta unos 700 mm por año sobre la Corriente de Malvinas y decrecen en las mismas Islas Malvinas (600 mm a 650 mm). En el mismo sentido aumenta también la frecuencia de la precipitación (Boschi, 1997).

[Handwritten signature]

La humedad del aire puede obtenerse de diferentes maneras. Una de ellas es la presión de vapor que se define como la presión de saturación del vapor de agua a una temperatura dada. Esta variable nos indica el grado de saturación de la atmósfera. Debido a que siempre existe evaporación sobre los mares, la saturación sólo puede ser reducida por intercambio vertical con aire relativamente más seco. Entonces, la humedad relativa en el mar representa un balance entre evaporación y el intercambio vertical de vapor de agua (Boschi, 1997).

En el océano Atlántico Sudoccidental entre los 30°S y los 40°S, la humedad relativa es del orden del 80% (Figura 123). En la Tabla 9 se muestra la variación media mensual de la humedad relativa y la presión de vapor. Se observa que la humedad relativa es constante a lo largo del año. La presión de vapor, como la temperatura, es una función de la latitud aunque su gradiente es más fuerte en latitudes bajas.

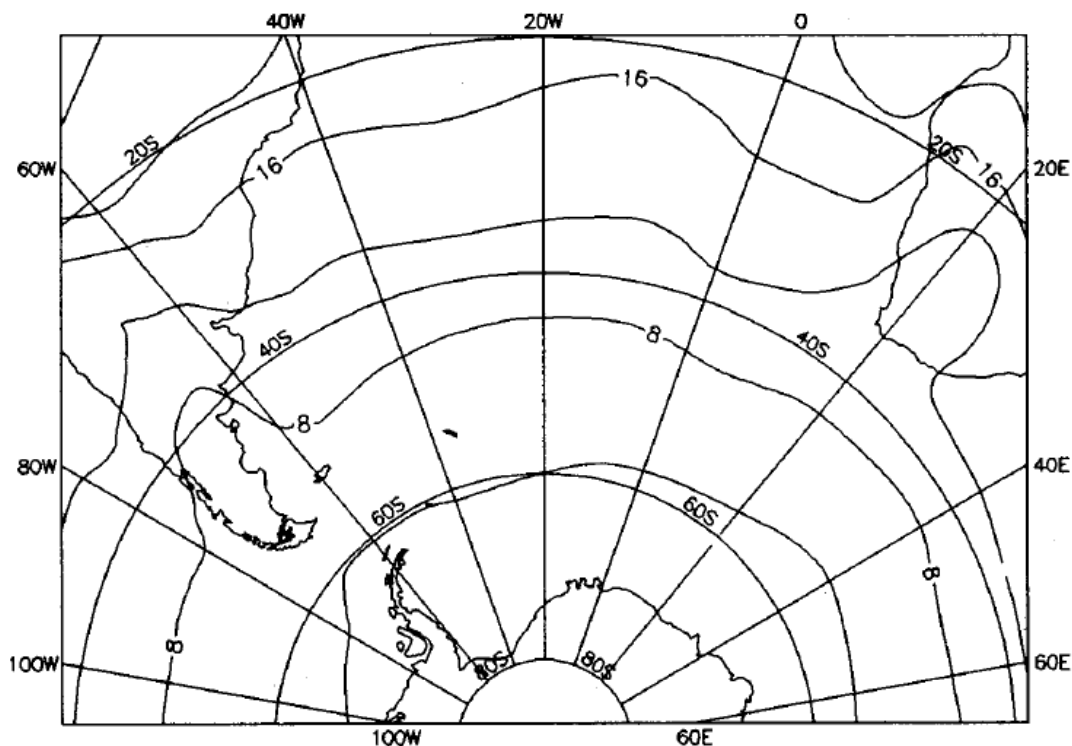


Figura 123. Humedad del aire (g/kg) a 100 m sobre el nivel medio del mar correspondientes al mes de enero. Fuente: Boschi, 1997.

La nubosidad se refiere al porcentaje de cielo cubierto por nubes considerando todos los tipos de nubes presentes. En enero, la nubosidad alcanza su valor mínimo del orden del 40% de cielo cubierto en el sector marítimo comprendido entre Mar del Plata y la Península de Valdés; de allí aumenta a 50% en 30°S y a 80% en 55°S. En julio, la nubosidad media varía desde 55% en 30°S a 60% en la latitud de San Clemente del Tuyú y a 70% en latitudes de Tierra del Fuego e Islas Malvinas (Tabla 9; Boschi, 1997).

La presión atmosférica puede ser considerada como el peso del aire por unidad de área sobre la altura, y en un nivel determinado varía de lugar y con el tiempo. Las variaciones horizontales de la presión son muchos menores que las verticales; sin embargo, pequeñas variaciones horizontales de presión son de una importancia fundamental para la dirección y velocidad del viento.

En los mapas de la Figura 124 se muestran los valores medios de presión para los meses de enero y julio y se observa que tanto en verano como en invierno el anticiclón subtropical domina la región hacia las latitudes bajas. En verano, el centro del anticiclón se ubica aproximadamente a 30° S y su valor supera los 1020 hPa, mientras que en invierno se desplaza hacia el norte, aproximadamente a 25°S, con un valor superior a 1024 hPa. En ambos meses, la posición del centro se encuentra alejada de la costa sudamericana, alcanzando aproximadamente el meridiano de 10°W en invierno (posición más cercana) y el de 5°W en verano (Boschi, 1997).

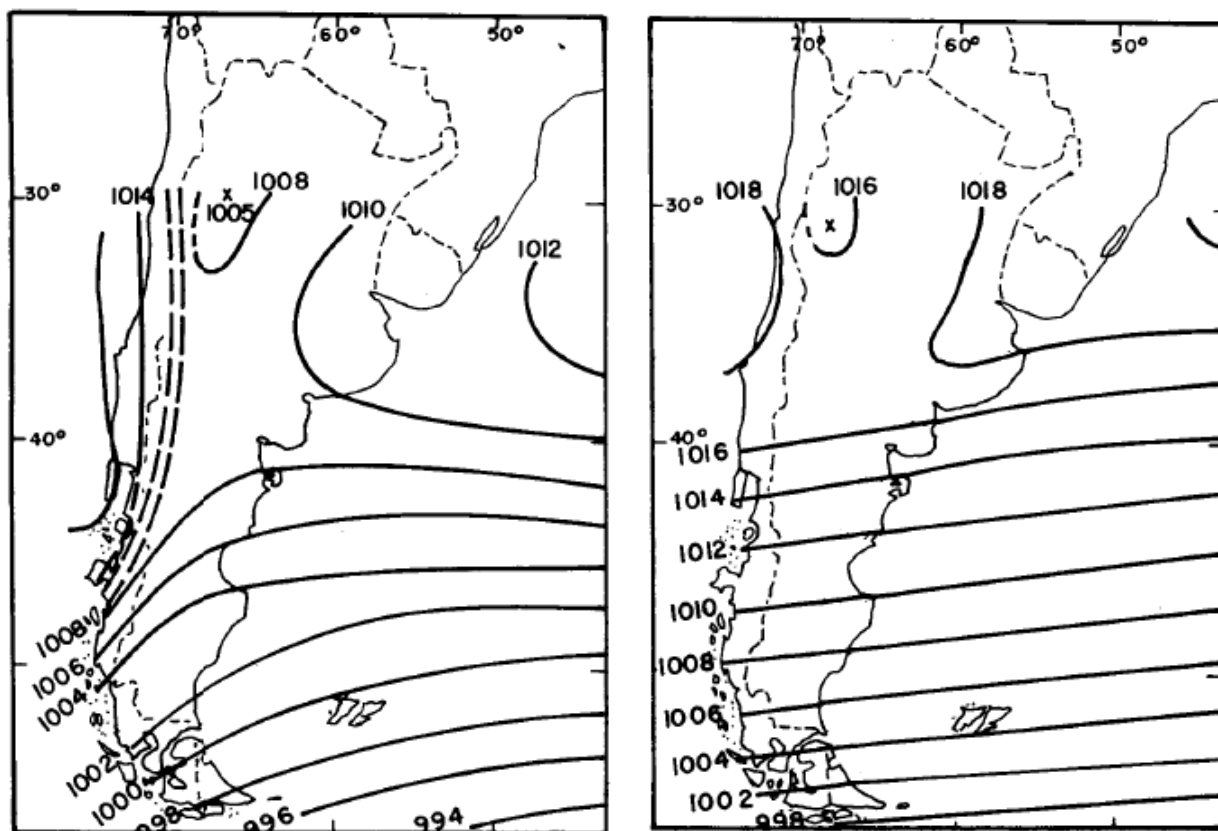


Figura 124. Presión de superficie (hPa) correspondientes a los meses de enero (izquierda) y julio (derecha). Fuente: Boschi, 1997.

Para el viento en superficie, Boschi (1997) encontró que las isotajas presentan direcciones aproximadamente paralelas a la costa, de modo que sobre el Mar Argentino la velocidad del viento aumenta tanto hacia el este como hacia el sur, alcanzando valores muy altos en latitudes del sur de la Patagonia y Tierra del Fuego, así como en el área de las Islas Malvinas, del orden de 8 m/s en enero y 10 m/s en julio.

[Signature]

El curso casi equidistante y paralelo de la isotajas (Figura 125) se manifiesta también en el caso de isolíneas de frecuencia del viento fuerte y de vendaval (Figura 126). Se define vendaval cuando las velocidades de viento son mayores que 8 según la escala Beaufort. El aumento de los tres parámetros descriptos hacia el este se debe al incremento de los procesos ciclogénéticos en la misma dirección; sus mayores valores en julio corresponden a la mayor intensidad de la circulación de los vientos del oeste y la mayor frecuencia de sus perturbaciones en esta estación del año (Boschi, 1997).

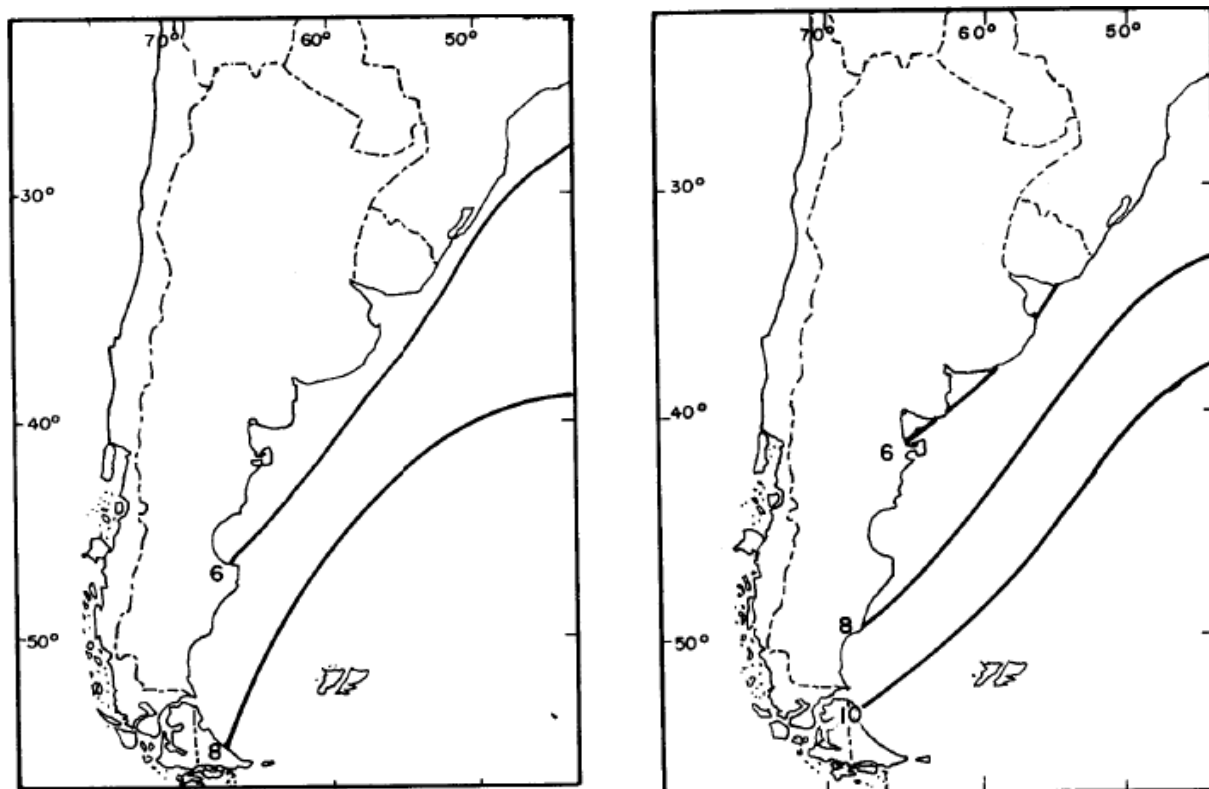


Figura 125. Velocidad media del viento (m/s) correspondiente a los meses de enero (izquierda) y julio (derecha). Fuente: Boschi, 1997.

[Handwritten signature]

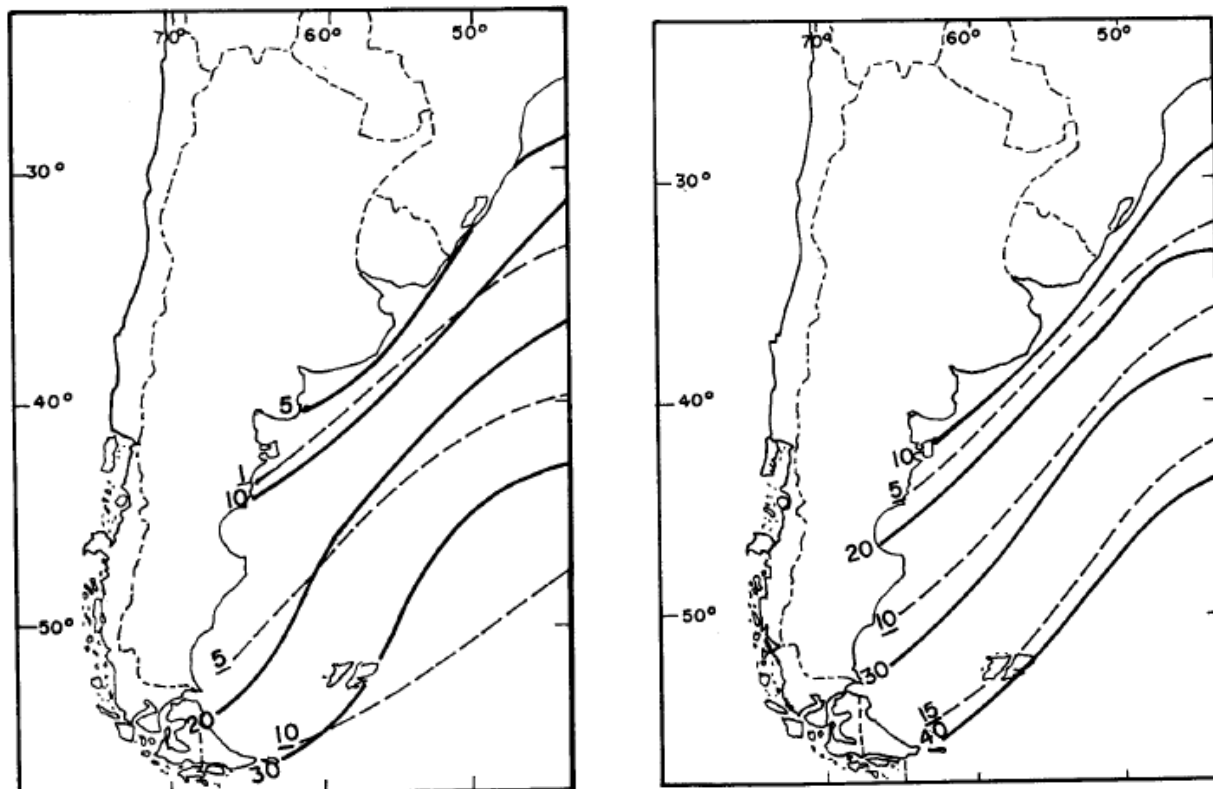


Figura 126. Frecuencia del viento fuerte (>6 en escala Beaufort, línea llena) y vendaval (>8 Beaufort, línea punteada) correspondiente al mes de enero (izquierda) y julio (derecha). Fuente: Boschi, 1997.

Se presenta a continuación el análisis de series de datos de vientos del proyecto IOWAGA (Integrated Ocean Waves for Geophysical and other Applications), desarrollado por el instituto de investigación IFREMER (Francia). El proyecto utiliza los vientos provenientes de la base de ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecasts).

Los datos se encuentran organizados por mes y con un intervalo de tiempo de 3 horas. El tamaño de celda de la grilla de datos varía según la zona, desde la grilla de costa atlántica francesa con una resolución de $1/30^\circ$ hasta la grilla GLOBAL con una resolución de $0,5^\circ$.

En la Figura 127 se muestra la posición de tres nodos IFREMER ubicados en la zona de estudio: nodo 1 ubicado en el centro del Bloque CAN 102, zona del talud inferior; nodo 2 en la zona del talud superior y nodo 3 sobre la plataforma continental.

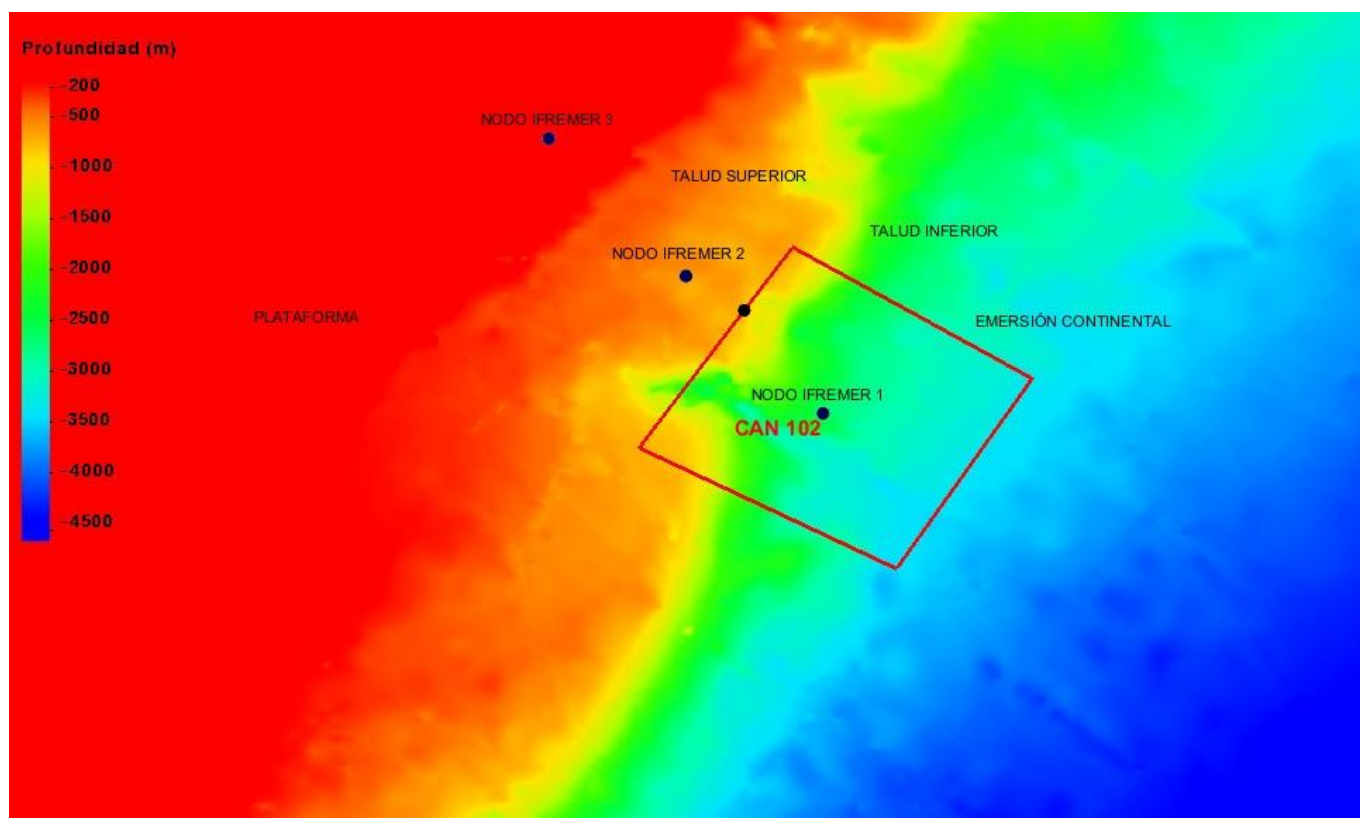


Figura 127. Ubicación de los nodos de la base de datos IFREMER analizados, sobre la batimetría de la región de estudio (Bloque CAN 102 en color rojo). Fuente de la batimetría: base global de datos GEBCO “The General Bathymetric Chart of the Oceans”:
https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

De estos nodos se extrajeron datos de intensidad y dirección del viento para los últimos 5 años completos (período 2014 a 2018).

El análisis estadístico se presenta en la Figura 128, la Tabla 10, Tabla 11 y la Tabla 12.

Los vientos más frecuentes están en el rango 2,5-12,5 m/s (9-45 km/h).

En el nodo IFREMER 1 se observa que los vientos son predominantemente del N-NNO, seguidos por los del SO-SSO, siendo estos últimos los más intensos, con velocidades que llegan a alcanzar los 24 m/s (86 km/h).

En el nodo IFREMER 2, los vientos predominantes son del N-NE, seguidos por los del SO-SSO, siendo estos últimos los más intensos, con velocidades que llegan a alcanzar los 23 m/s (83 km/h).

En el nodo IFREMER 3 predominan los vientos del N-NE y los del SSO-S, siendo estos últimos los más intensos, con velocidades que llegan a alcanzar los 22 m/s (79 km/h).



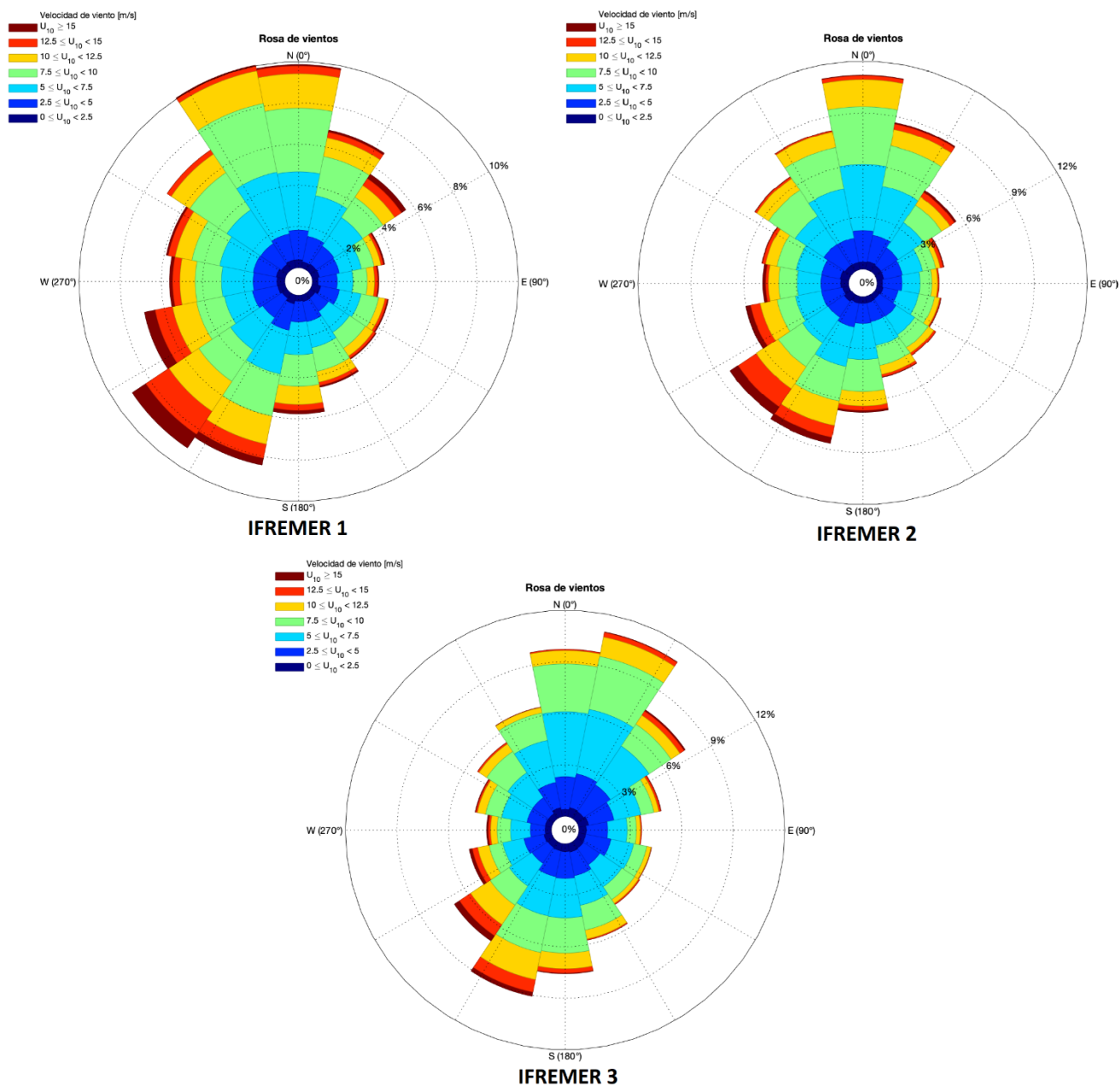


Figura 128. Rosas de los vientos para los nodos IFREMER 1, 2 y 3, periodo 2014 a 2018.



Tabla 10. Análisis estadístico direccional (arriba: número de eventos, abajo: %) de la serie 2014-2018 para el nodo IFREMER 1.

Dirección	Velocidad del viento (m/s)										Total
	0 - 2.5	2.5-5	5-7.5	7.5-10	10-12.5	12.5-15	15-17.5	17.5-20	20-22.5	>22.5	
N	57	210	413	450	244	56	10	0	0	0	1440
NNE	44	185	293	284	134	41	15	0	0	0	996
NE	50	154	244	173	100	59	27	9	1	0	817
ENE	52	145	159	92	49	18	9	1	0	0	525
E	41	135	111	102	52	23	7	1	0	0	472
ESE	62	136	155	128	45	18	8	0	0	0	552
SE	42	115	179	136	66	19	7	0	0	0	564
SSE	47	146	187	172	78	25	12	0	0	0	667
S	41	148	232	224	129	42	15	7	3	0	841
SSW	63	191	316	304	203	102	43	7	0	0	1229
SW	43	166	274	271	254	197	94	21	1	0	1321
WSW	54	182	202	202	174	126	57	11	7	2	1017
W	56	169	224	187	108	52	15	6	1	0	818
WNW	64	166	242	201	122	50	13	0	1	0	859
NW	48	178	287	317	158	35	1	0	0	0	1024
NNW	58	188	446	496	236	35	5	1	1	0	1466
Total	822	2614	3964	3739	2152	898	338	64	15	2	14608

Dirección	Velocidad del viento (m/s)										Total
	0 - 2.5	2.5-5	5-7.5	7.5-10	10-12.5	12.5-15	15-17.5	17.5-20	20-22.5	>22.5	
N	0.4%	1.4%	2.8%	3.1%	1.7%	0.4%	<0,1%	0%	0%	0%	9.9%
NNE	0.3%	1.3%	2.0%	1.9%	0.9%	0.3%	0.1%	0%	0%	0%	6.8%
NE	0.3%	1.1%	1.7%	1.2%	0.7%	0.4%	0.2%	<0,1%	<0,1%	0%	5.6%
ENE	0.4%	1.0%	1.1%	0.6%	0.3%	0.1%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	3.6%
E	0.3%	0.9%	0.8%	0.7%	0.4%	0.2%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	3.2%
ESE	0.4%	0.9%	1.1%	0.9%	0.3%	0.1%	<0,1%	0%	0%	0%	3.8%
SE	0.3%	0.8%	1.2%	0.9%	0.5%	0.1%	<0,1%	0%	0%	0%	3.9%
SSE	0.3%	1.0%	1.3%	1.2%	0.5%	0.2%	<0,1%	0%	0%	0%	4.6%
S	0.3%	1.0%	1.6%	1.5%	0.9%	0.3%	0.1%	<0,1%	<0,1%	0%	5.8%
SSW	0.4%	1.3%	2.2%	2.1%	1.4%	0.7%	0.3%	<0,1%	0%	0%	8.4%
SW	0.3%	1.1%	1.9%	1.9%	1.7%	1.3%	0.6%	0.1%	<0,1%	0%	9.0%
WSW	0.4%	1.2%	1.4%	1.4%	1.2%	0.9%	0.4%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	7.0%
W	0.4%	1.2%	1.5%	1.3%	0.7%	0.4%	0.1%	<0,1%	<0,1%	0%	5.6%
WNW	0.4%	1.1%	1.7%	1.4%	0.8%	0.3%	<0,1%	0%	<0,1%	0%	5.9%
NW	0.3%	1.2%	2.0%	2.2%	1.1%	0.2%	<0,1%	0%	0%	0%	7.0%
NNW	0.4%	1.3%	3.1%	3.4%	1.6%	0.2%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	0%	10.0%
Total	5.6%	17.9%	27.1%	25.6%	14.7%	6.1%	2.3%	0.4%	0.1%	<0,1%	100.0%



Tabla 11. Análisis estadístico direccional (arriba: número de eventos, abajo: %) de la serie 2014-2018 para el nodo IFREMER 2.

Dirección	Velocidad del viento (m/s)										Total
	0 - 2.5	2.5-5	5-7.5	7.5-10	10-12.5	12.5-15	15-17.5	17.5-20	20-22.5	>22.5	
N	60	269	554	486	230	34	5	0	0	0	1638
NNE	68	229	418	346	143	48	11	1	0	0	1264
NE	62	175	259	177	80	46	12	6	0	0	817
ENE	60	161	170	111	38	27	5	2	0	0	574
E	47	165	149	97	48	11	2	0	0	0	519
ESE	55	130	173	133	45	9	5	0	0	0	550
SE	46	172	185	135	56	19	3	0	0	0	616
SSE	52	162	206	170	78	21	5	0	0	0	694
S	53	170	303	268	123	38	11	4	1	0	971
SSW	55	206	338	299	208	99	44	8	0	1	1258
SW	70	159	257	244	220	185	66	12	1	0	1214
WSW	54	181	220	155	143	83	26	12	4	1	879
W	68	164	197	153	85	23	18	4	3	0	715
WNW	75	158	216	162	95	27	5	0	1	0	739
NW	60	212	289	262	121	17	3	1	0	0	965
NNW	61	208	422	356	134	11	3	0	0	0	1195
Total	946	2921	4356	3554	1847	698	224	50	10	2	14608

Dirección	Velocidad del viento (m/s)										Total
	0 - 2.5	2.5-5	5-7.5	7.5-10	10-12.5	12.5-15	15-17.5	17.5-20	20-22.5	>22.5	
N	0.4%	1.8%	3.8%	3.3%	1.6%	0.2%	<0,1%	0%	0%	0%	11.2%
NNE	0.5%	1.6%	2.9%	2.4%	1.0%	0.3%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	8.7%
NE	0.4%	1.2%	1.8%	1.2%	0.5%	0.3%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	5.6%
ENE	0.4%	1.1%	1.2%	0.8%	0.3%	0.2%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	3.9%
E	0.3%	1.1%	1.0%	0.7%	0.3%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	0%	3.6%
ESE	0.4%	0.9%	1.2%	0.9%	0.3%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	0%	3.8%
SE	0.3%	1.2%	1.3%	0.9%	0.4%	0.1%	<0,1%	0%	0%	0%	4.2%
SSE	0.4%	1.1%	1.4%	1.2%	0.5%	0.1%	<0,1%	0%	0%	0%	4.8%
S	0.4%	1.2%	2.1%	1.8%	0.8%	0.3%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	0%	6.6%
SSW	0.4%	1.4%	2.3%	2.0%	1.4%	0.7%	0.3%	<0,1%	0%	<0,1%	8.6%
SW	0.5%	1.1%	1.8%	1.7%	1.5%	1.3%	0.5%	<0,1%	<0,1%	0%	8.3%
WSW	0.4%	1.2%	1.5%	1.1%	1.0%	0.6%	0.2%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	6.0%
W	0.5%	1.1%	1.3%	1.0%	0.6%	0.2%	0.1%	<0,1%	<0,1%	0%	4.9%
WNW	0.5%	1.1%	1.5%	1.1%	0.7%	0.2%	<0,1%	0%	<0,1%	0%	5.1%
NW	0.4%	1.5%	2.0%	1.8%	0.8%	0.1%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	6.6%
NNW	0.4%	1.4%	2.9%	2.4%	0.9%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	0%	8.2%
Total	6.5%	20.0%	29.8%	24.3%	12.6%	4.8%	1.5%	0.3%	<0,1%	<0,1%	100.0%



Tabla 12. Análisis estadístico direccional (arriba: número de eventos, abajo: %) de la serie 2014-2018 para el nodo IFREMER 3.

Dirección	Velocidad del viento (m/s)									Total
	0 - 2.5	2.5-5	5-7.5	7.5-10	10-12.5	12.5-15	15-17.5	17.5-20	20-22.5	
N	59	278	552	407	113	10	2	0	0	1421
NNE	77	294	558	459	168	40	5	0	0	1601
NE	71	275	396	224	91	42	12	1	0	1112
ENE	86	220	234	112	43	17	4	0	0	716
E	62	183	166	78	35	9	1	0	0	534
ESE	62	218	197	114	37	4	2	0	0	634
SE	69	168	226	131	40	10	2	0	0	646
SSE	74	205	256	215	77	9	1	1	0	838
S	66	228	335	299	134	37	6	0	0	1105
SSW	63	224	339	319	234	109	29	7	0	1324
SW	59	164	232	196	199	114	44	9	0	1017
WSW	66	175	183	118	99	47	20	7	0	715
W	53	126	169	114	55	19	9	3	3	551
WNW	55	159	218	141	71	13	6	1	0	664
NW	52	163	255	216	78	14	2	0	0	780
NNW	77	219	364	238	47	3	2	0	0	950
Total	1051	3299	4680	3381	1521	497	147	29	3	14608

Dirección	Velocidad del viento (m/s)									Total
	0 - 2.5	2.5-5	5-7.5	7.5-10	10-12.5	12.5-15	15-17.5	17.5-20	20-22.5	
N	0.4%	1.9%	3.8%	2.8%	0.8%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	9.7%
NNE	0.5%	2.0%	3.8%	3.1%	1.2%	0.3%	<0,1%	0%	0%	11.0%
NE	0.5%	1.9%	2.7%	1.5%	0.6%	0.3%	<0,1%	<0,1%	0%	7.6%
ENE	0.6%	1.5%	1.6%	0.8%	0.3%	0.1%	<0,1%	0%	0%	4.9%
E	0.4%	1.3%	1.1%	0.5%	0.2%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	3.7%
ESE	0.4%	1.5%	1.3%	0.8%	0.3%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	4.3%
SE	0.5%	1.2%	1.5%	0.9%	0.3%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	4.4%
SSE	0.5%	1.4%	1.8%	1.5%	0.5%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	0%	5.7%
S	0.5%	1.6%	2.3%	2.0%	0.9%	0.3%	<0,1%	0%	0%	7.6%
SSW	0.4%	1.5%	2.3%	2.2%	1.6%	0.7%	0.2%	<0,1%	0%	9.1%
SW	0.4%	1.1%	1.6%	1.3%	1.4%	0.8%	0.3%	<0,1%	0%	7.0%
WSW	0.5%	1.2%	1.3%	0.8%	0.7%	0.3%	0.1%	<0,1%	0%	4.9%
W	0.4%	0.9%	1.2%	0.8%	0.4%	0.1%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	3.8%
WNW	0.4%	1.1%	1.5%	1.0%	0.5%	<0,1%	<0,1%	<0,1%	0%	4.5%
NW	0.4%	1.1%	1.7%	1.5%	0.5%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	5.3%
NNW	0.5%	1.5%	2.5%	1.6%	0.3%	<0,1%	<0,1%	0%	0%	6.5%
Total	7.2%	22.6%	32.0%	23.1%	10.4%	3.4%	1.0%	0.2%	<0,1%	100.0%



El análisis estacional de las series temporales se muestra en la Figura 129, Figura 130 y Figura 131 (nodos 1, 2 y 3 respectivamente) para las estaciones verano, otoño, primavera e invierno.

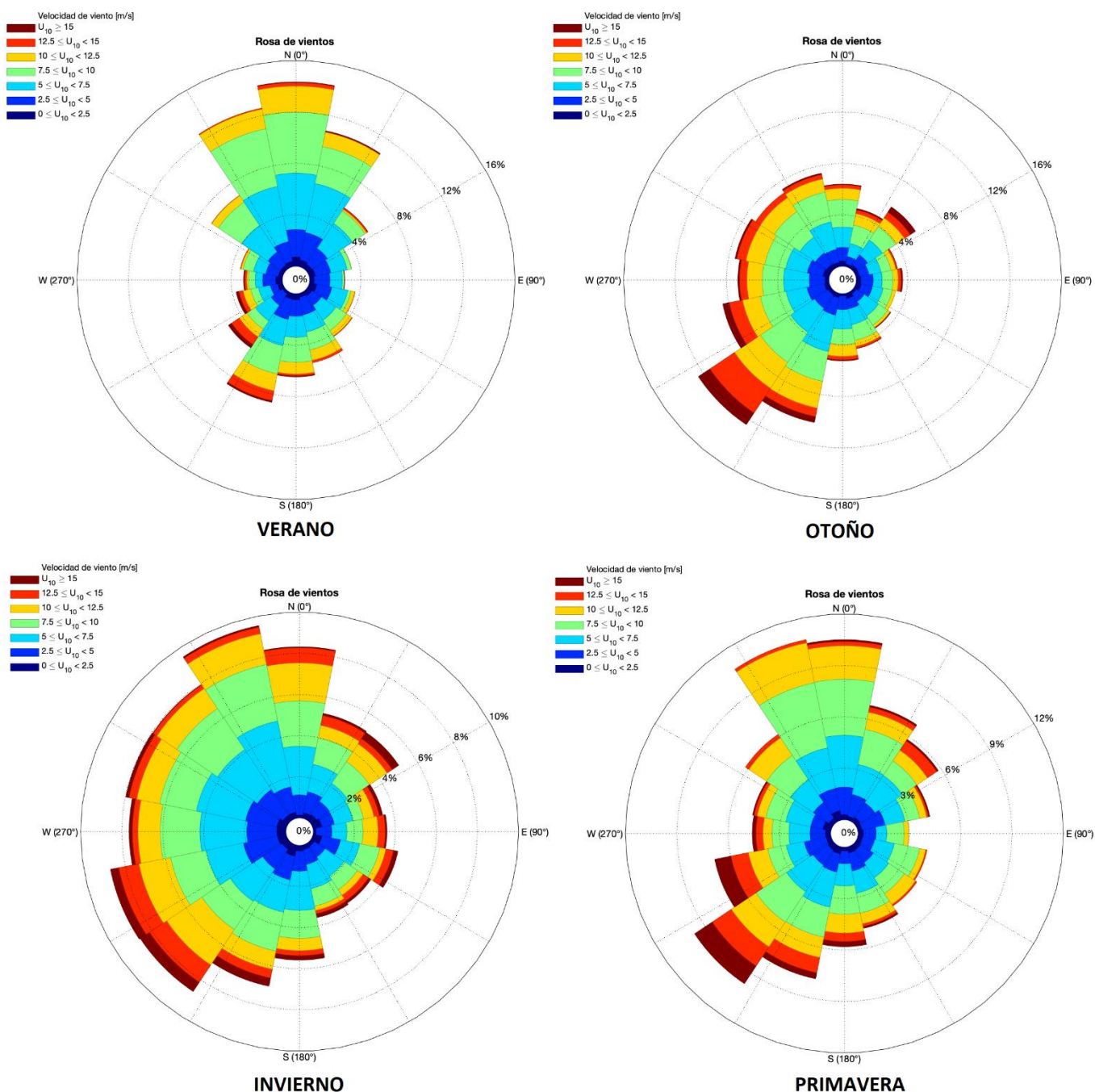


Figura 129. Rosas de los vientos para el nodo IFREMER 1, división estacional, periodo 2014 a 2018.



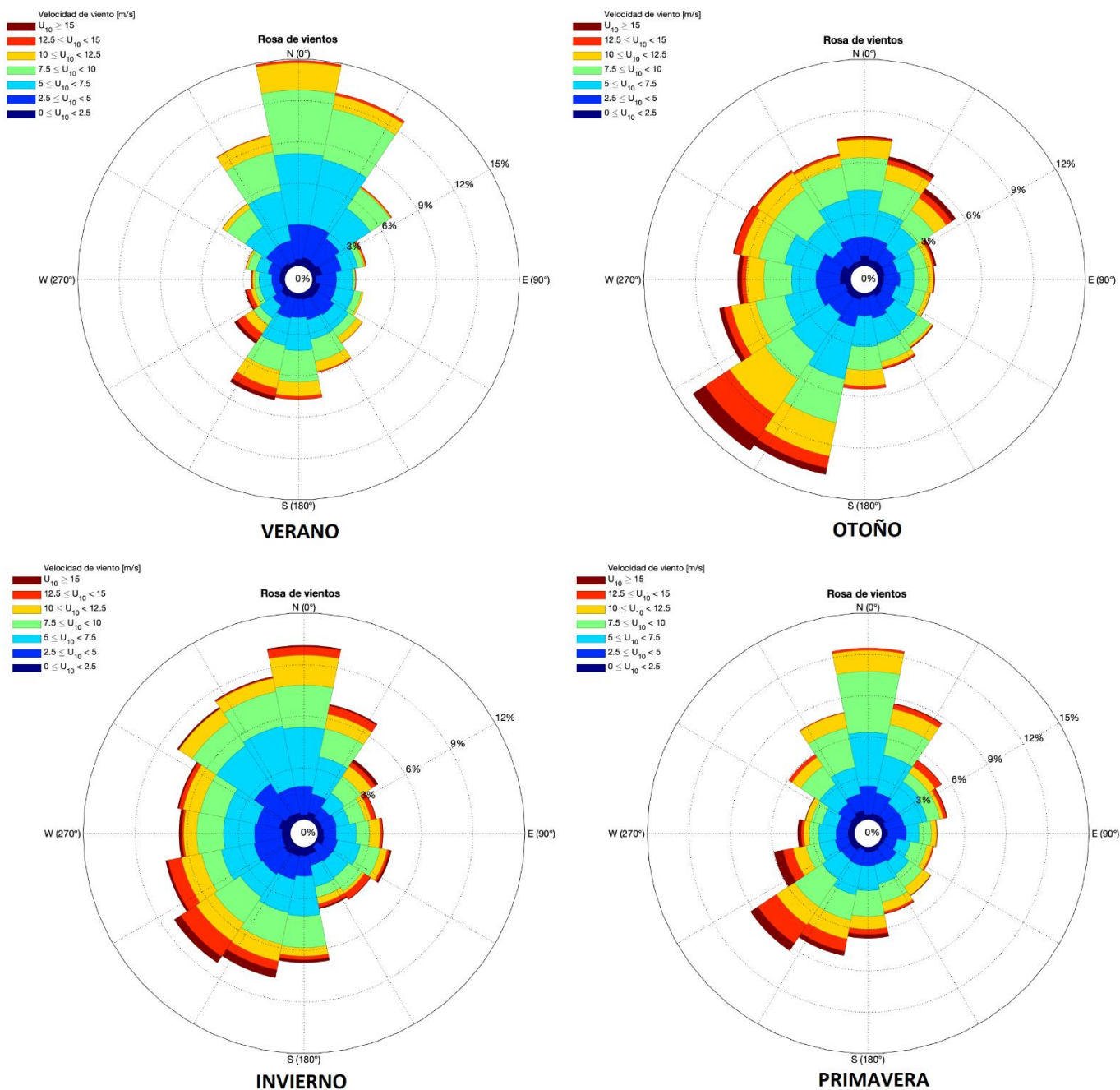


Figura 130. Rosas de los vientos para el nodo IFREMER 2, división estacional, periodo 2014 a 2018.



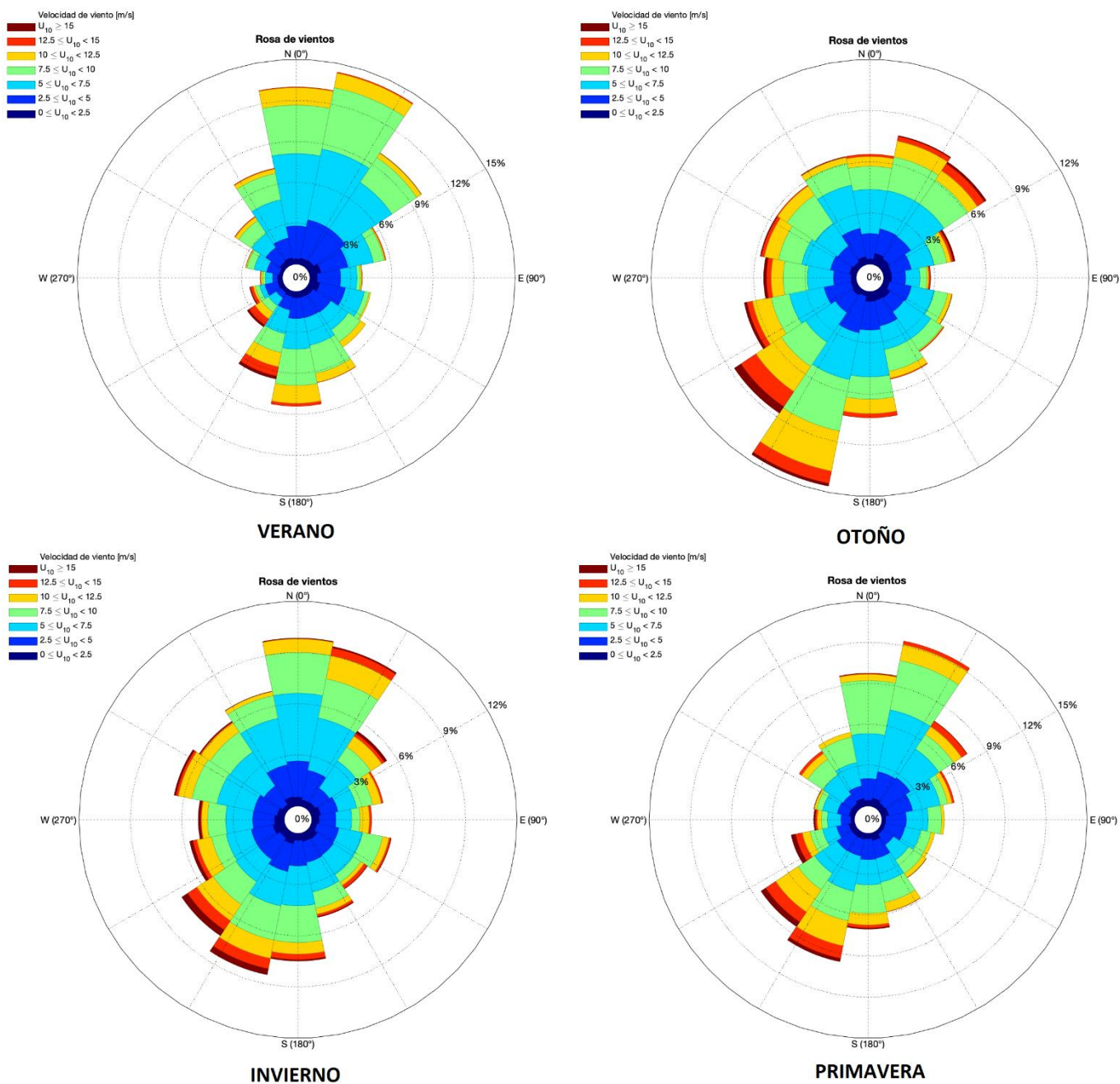


Figura 131. Rosas de los vientos para el nodo IFREMER 3, división estacional, periodo 2014 a 2018.



4 MEDIO BIÓTICO

4.1 DESCRIPCIÓN GENERAL

El área operativa del Proyecto se encuentra emplazada sobre un área del Mar Argentino que abarca parte de la Plataforma Continental Argentina y el Talud Continental. Estas áreas integran un ecosistema marino oceánico de alta diversidad biológica y alta productividad, que se conoce como Ecorregión del Mar Argentino.

La superficie de unos 2.400 km² correspondientes al Área de Adquisición de datos sísmicos CAN 102 se ubica en la zona de talud sobre el cañon submarino Mar del Plata y en la emersión continental superior, en áreas de depósitos turbidíticos.

Si bien el Área de Adquisición de datos sísmicos se encuentra inmersa en el Mar Argentino, en las costas adyacentes hay zonas sensibles desde el punto de vista biológico por ser poseedoras de una importante biodiversidad. Las aguas costeras bonaerenses representan zonas de elevada productividad donde se congregan especies de los distintos niveles tróficos que configuran complejas tramas tróficas. Los intermareales, por su parte, albergan comunidades bentónicas que son el alimento de numerosas aves marinas y costeras que se concentran allí para alimentarse. Además, las zonas terrestres adyacentes a los intermareales son sitios de asentamientos de aves marinas, y costeras y de mamíferos marinos.

En el marco del presente proyecto, resulta importante mencionar que las zonas costeras no se verían afectadas de forma directa, pero habrá tránsito de buques desde y hacia el área de operaciones, para el cual el puerto de Mar del Plata se utilizará como área de embarco y desembarco y puerto de servicios logísticos. En dicho puerto las operaciones de los buques asociados al proyecto no difieren de las de cualquier otro buque que recalca en los mismos. Durante el desarrollo del proyecto el buque logístico se reabastecerá de combustible, alimentos frescos y suministros cada 2 o 3 semanas en promedio, por lo que los movimientos entre dicho puerto y el Área de Adquisición CAN 102 resultan ínfimos en comparación con la normal actividad del Puerto de Mar del Plata.

En el Mar Argentino existe una fuerte variabilidad hidrológica impuesta por la circulación de dos corrientes por el borde del talud: la Corriente de Malvinas y la Corriente de Brasil (Figura 132). La primera está conformada por aguas subantárticas, frías, de baja salinidad y ricas en nutrientes, que fluyen hacia el norte. La Corriente de Brasil, presenta aguas subtropicales, cálidas y salinas, que fluyen hacia el sur.

Las masas de agua que fluyen sobre la plataforma continental (Corriente Patagónica Subantártica) son de origen subantártico, y se originan tanto por desprendimiento de las corrientes de borde (Corriente Circumpolar Antártica - Corriente de Malvinas), como por la contribución de aguas de derrames continentales subpolares (canales fueguinos y Estrecho de Magallanes). Esto resulta porque el extremo austral del Continente Americano se encuentra fuertemente influenciado por la Corriente de Convergencia Antártica. A partir de esta corriente, se desprende la Corriente de Malvinas, que fluye en dirección predominante sur-norte por el borde de la plataforma continental.



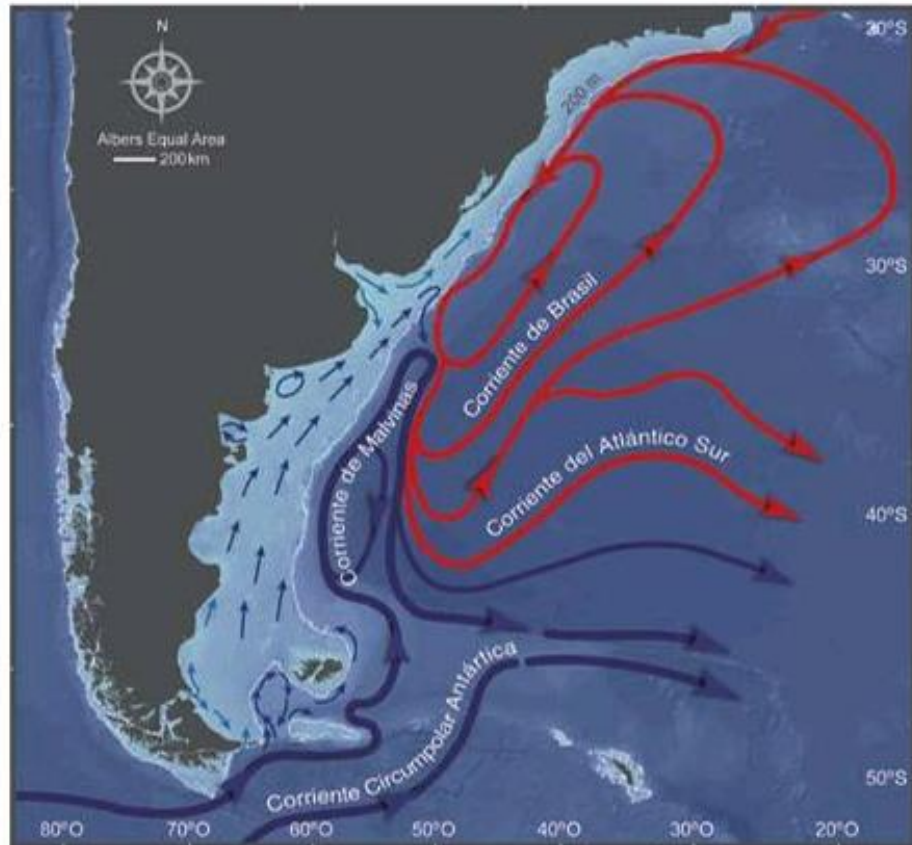


Figura 132. Ubicación de las Corrientes marinas principales. Fuente: Piola y Matano, 2001.

Frente a la plataforma argentina, sobre el talud continental, cerca de los 38° de latitud sur, se produce el encuentro de estas corrientes, en la llamada Zona de Confluencia (Figura 132), una de las regiones de mayor concentración de energía de todos los océanos del mundo, donde la mezcla de aguas subtropicales y subantárticas determina importantes gradientes físico-químicos y favorece la presencia de altas concentraciones de nutrientes de importantes implicancias biológicas para todo el ecosistema.

[Firma manuscrita]

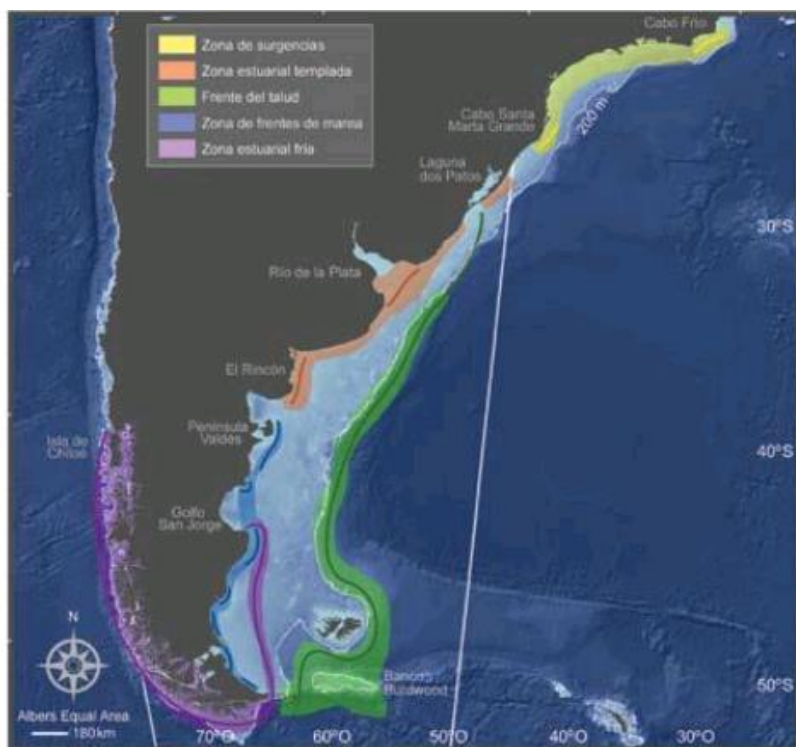


Figura 133. Principales zonas frontales de alta productividad del cono sur. Fuente: Acha et al., 2004.

En este contexto, las aguas de la Plataforma Continental Argentina resultan de la mezcla de masas de agua costeras, subantárticas y subtropicales. Sus proporciones relativas y el grado de mezcla, varían de acuerdo a la latitud y la longitud. En su conjunto, el Mar Argentino conforma uno de los mares templados más extensos y biológicamente más importantes del planeta.

En el Mar Argentino se reconocen dos provincias zoogeográficas: la Provincia Argentina y la Provincia Magallánica (Figura 134). La primera se extiende desde el sur de Brasil (23°S) y pasando por la costa uruguaya, hasta la desembocadura del Río Negro (41°S). Las aguas frente a la costa bonaerense forman parte del llamado Distrito Bonaerense. Por otro lado, la Provincia Magallánica se extiende desde el norte de la Isla de Chiloé (40°S) en el Océano Pacífico, pasando por el Cabo de Hornos, ocupando la mayor parte de la plataforma continental patagónica, incluyendo las Islas Malvinas y sector más profundo de la plataforma bonaerense, separándose de la costa a los 42-43°S aproximadamente y continuando hacia el norte hasta los 35°S, a unos 100-150 km de la costa y con profundidades de entre 60 y 200 m. Esta Provincia Magallánica, caracterizada por la presencia de aguas templado-frías, está subdividida en dos distritos: el Surchileno y el Patagónico. El área operativa del Proyecto abarca la provincia Argentina, lo cual implica la presencia de diferentes componentes faunísticos y florísticos característicos del distrito bonaerense.

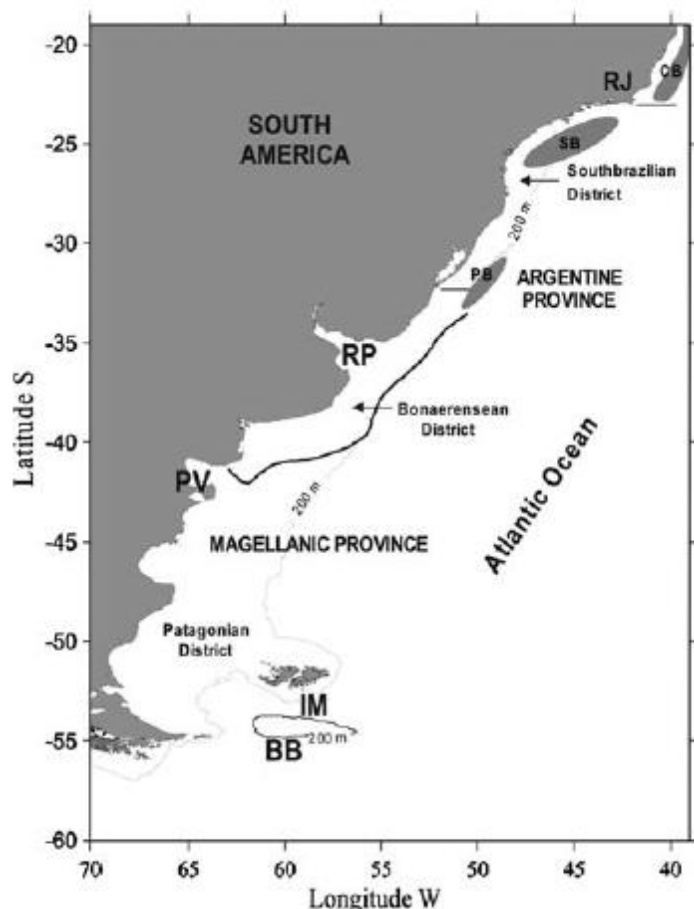


Figura 134. Ubicación de las Provincias zoogeográficas. Fuente: Menni et al., 2010.

A continuación se mencionan los principales organismos bentónicos (incluyendo peces) característicos de la Provincia Argentina (Tabla 13) (Balech y Erlich, 2008).

Tabla 13. Organismos de la Provincia Argentina. Fuente: Balech y Erlich, 2008.

Celenterados	Equinodermos	Crustáceos	Moluscos	Peces
<i>Renilla reniformis</i>	<i>Astropecten cingulatum</i>	<i>Artemesia longinaris</i>	<i>Mytilus edulis platensis</i>	<i>Micropogonias furnieri</i>
<i>Bunodactis marplatensis</i>	<i>Enoplopatiria marginata</i>	<i>Pleoticus muelleri</i>	<i>Glycimeris longior</i>	<i>Cynoscion guatucupa</i>
<i>Phymactis clematis</i>	<i>Luidia</i> spp.	<i>Neohelice granulata</i>	<i>Adrana electa</i>	<i>Macrodon ancylodon</i>
<i>Corynactis carnea</i>	<i>Poraniopsis mira</i>	<i>Cyrtograpsus angulatus</i>	<i>Macra janeiroensis</i>	<i>Umbrina canosai</i>
	<i>Arbacia dufruesnei</i>	<i>Platysanthus crenulatus</i>	<i>Aequipecten tehuelchus</i>	<i>Pagrus pagrus</i>
	<i>Encope emarginata</i>	<i>Ovalipes trimaculatus</i>	<i>Amiantis purpuratus</i>	<i>Nemadactylus bergi</i>
	<i>Mellita platensis</i>		<i>Pitar rostratus</i>	<i>Acanthistius patachonicus</i>
	<i>Amphiodia planispina</i>		<i>Calliostoma coppingeri</i>	<i>Percophis brasiliensis</i>
	<i>Ophioplocus januari</i>		<i>Buccinanops monilifer</i>	<i>Parona signata</i>
			<i>Diodora patagonica</i>	<i>Pseudopercis semifasciata</i>
			<i>Brachidontes rodriguezi</i>	<i>Mustelus schmitti</i>
			<i>Macra patagonica</i>	<i>Engraulis anchoita</i>
			<i>Mesodesma mactroides</i>	<i>Scomber japonicus</i>
			<i>Tagelus plebeius</i>	<i>Seriola lalandei</i>
			<i>Notocochlis isabelleana</i>	
			<i>Urosalpinx rushii</i>	
			<i>Muricopsis necocheanus</i>	
			<i>Adelomelon brasiliensis</i>	
			<i>Macoma uruguayensis</i>	

[Firma manuscrita]

A continuación, se presenta una caracterización de los principales componentes bióticos del ecosistema marino oceánico en el área de influencia del proyecto.

4.2 PLANCTON

El plancton corresponde al grupo de organismos acuáticos que se mueven con la columna de agua. Está compuesto por organismos autótrofos (fitoplancton) y heterótrofos (zooplancton). El fitoplancton está compuesto por algas planctónicas que representan la base de la red alimenticia de los ecosistemas acuáticos. Por su parte, el zooplancton está constituido por organismos, fundamentalmente microinvertebrados, cuyo ciclo biológico se desarrolla por completo en el plancton (holoplancton); y por organismos que forman parte del plancton solamente durante una parte de su ciclo de vida (meroplancton), como ser huevos y estadíos larvales de invertebrados y vertebrados.

Estos organismos constituyen los primeros niveles tróficos del ecosistema, siendo de importante valor como fuente de alimento para los niveles tróficos superiores. Su abundancia, biomasa y distribución son determinantes en la estructura de la trama trófica que sustenta el ambiente acuático. Por lo tanto, las alteraciones en el plancton generan efectos en cascada en el resto de la trama trófica, convirtiendo a estos organismos en indicadores de las condiciones ambientales reinantes.

Los microorganismos marinos brindan servicios ecosistémicos que son cruciales para la sostenibilidad local y global. Su relevancia radica en que impulsan transformaciones esenciales en todos los ciclos elementales globales, incluidos la productividad de los océanos, la proliferación de algas nocivas y la exposición a patógenos entre otras (Buttigieg et al., 2018). El rol que tienen las bacterias marinas, arqueas, virus y microbios eucariotas como productores primarios también incluye las funciones de remineralización (la transformación de moléculas orgánicas en formas inorgánicas); y deposición de carbono en el fondo del mar. El potencial de los microbiomas (microbiología de los océanos) para influir en la salud, fisiología, comportamiento y ecología de los animales marinos podría alterar la comprensión actual de cómo los animales marinos se adaptan al cambio, y especialmente los crecientes cambios relacionados con el clima e inducidos por los antropogénicos que ya están impactando el medio ambiente oceánico (Dubilier et al., 2015; Moran, 2015).

4.2.1 Fitoplancton

4.2.1.1 Distribución espacial

En algunas zonas del océano se produce el encuentro de masas de agua de diferentes características y donde los cambios en las propiedades del agua (principalmente salinidad, temperatura o turbidez) se intensifican y alcanzan el máximo gradiente. Estas áreas son denominadas Zonas Frontales, ocupan una superficie relativamente pequeña respecto de todo el sector nerítico y presenta una elevada productividad biológica. Existen distintos frentes en las aguas del Mar Argentino (Allega et al., 2020). En la Figura 135 se observa que el área de influencia del proyecto se encuentra cercana al frente estuarial del Río de la Plata y al Frente del Talud Continental, verificándose la presencia de altas temperatura de la superficie del mar, asociadas a zonas de alta productividad biológica.

Los sistemas frontales se caracterizan por un flujo de energía que ingresa al ecosistema a través del fitoplancton, atraviesa el zooplancton y fluye hacia los niveles tróficos superiores entre los cuales se encuentran los recursos pesqueros.



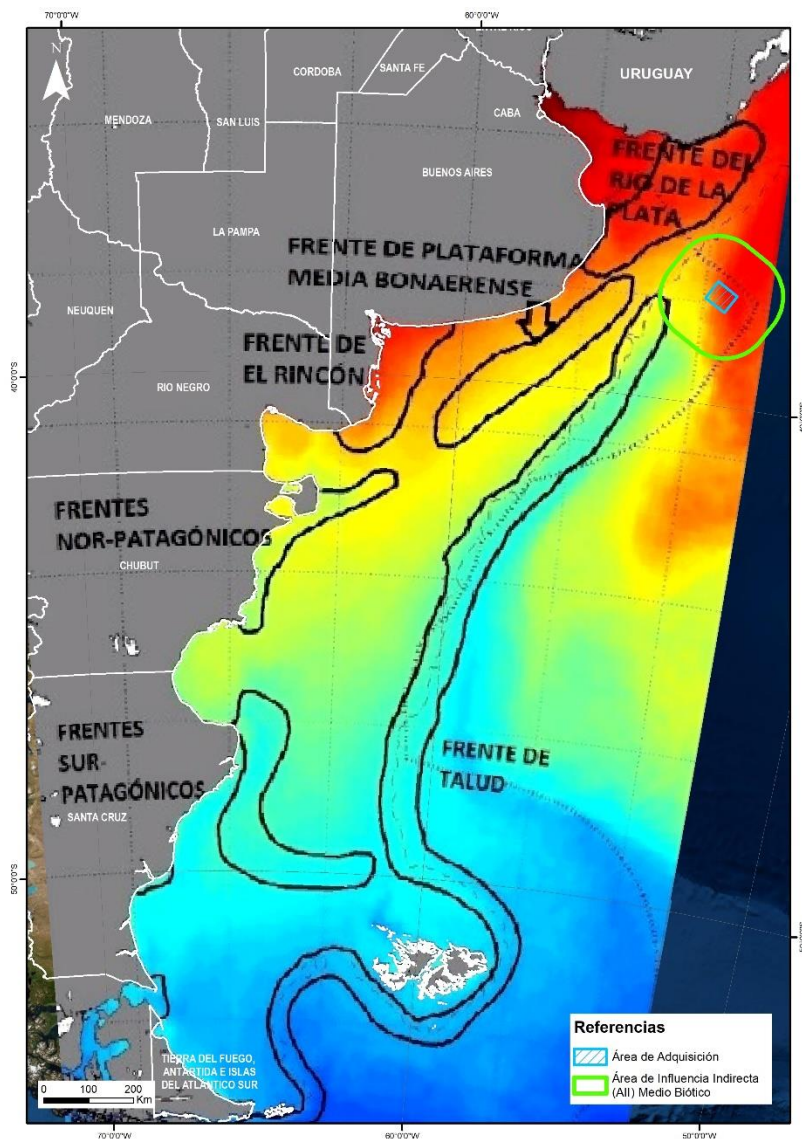


Figura 135. Esquema de las principales zonas frontales de la Zona Económica Exclusiva Argentina realizado sobre la base de un mapa de temperatura superficial del mar. Fuente: Allega et al., 2020.

Martinetto et al. (2019) indican que a través del vínculo entre la producción primaria, los consumidores y las funciones de los ecosistemas, los frentes marinos podrían desempeñar un papel clave en la producción de servicios de los ecosistemas. Utilizando el sistema frontal de plataforma en el Mar Argentino como caso de estudio, estos autores demostraron que la alta producción primaria concentrada en las zonas frontales es la principal característica ecológica que sustenta la producción de servicios ecosistémicos marinos tanto tangibles (pesquerías) como intangibles (recreación, regulación de gases atmosféricos). Esta información, soportada por el análisis de la clorofila satelital, sugiere que los frentes marinos se puedan considerar como *hot spots* de servicios ecosistémicos marinos.

[Firma manuscrita]

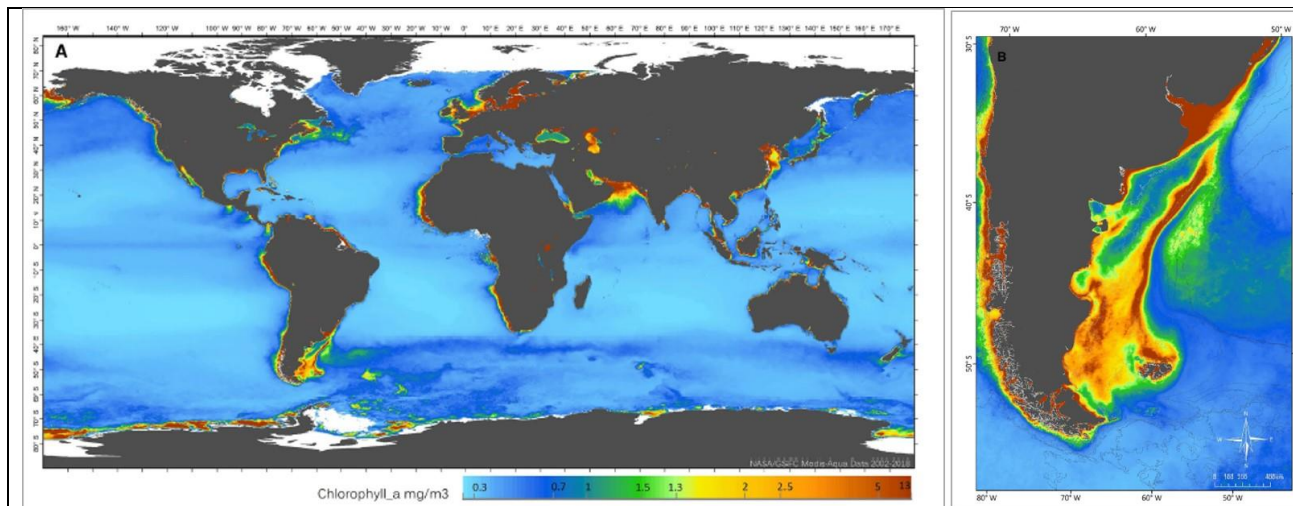


Figura 136. Ecosistemas marinos globales (A) y en la plataforma patagónica (B), distribución satelital de la clorofila a durante el verano austral, promedio entre 2002 y 2018. NASA Goodard Space Flight Center, Ocean Biology Processing Group; 2018: MODIS-Aqua Sensor Ocean Color Data, NASA OB. DAAC. Greenbelt, MD, USA. Accessed 2018/10/22. Level 3 product. Resolution: 9 km. Fuente: Martinetto et al., 2019.

La producción fitoplanctónica varía en función de las dos corrientes características de la zona. En este sentido, las áreas influenciadas por la Corriente de Brasil muestran una reducida concentración de clorofila, entre 0,02 y 0,20 mg/m³ (Campagna et al., 2006). En cambio, en aquellas aguas bajo el dominio de la Corriente de Malvinas, se observa una alta concentración de clorofila, la cual oscila entre 0,20 y 2,25 mg/m³. Si bien, en líneas generales existe una importante concentración de clorofila, y por lo tanto, de fitoplancton a lo largo de la Corriente de Malvinas, existen determinadas zonas en donde la concentración se vuelve muy importante.

Una de ellas la constituye el sector donde se produce la confluencia de las corrientes Brasil/Malvinas, en donde se mezclan aguas subtropicales y subantárticas, determinando importantes gradientes físico-químicos y favoreciendo la presencia de altas concentraciones de nutrientes con importantes implicancias biológicas para todo el ecosistema. La alta concentración de clorofila no se limita sólo a los frentes en la zona de confluencia Brasil/Malvinas, sino que alcanza también las aguas más homogéneas. La productividad se sustenta en el hecho que ambas corrientes aportan elementos que favorecen el crecimiento y la concentración del fitoplancton. La Corriente de Malvinas aporta aguas subantárticas ricas en nutrientes, y la de Brasil, la estabilidad requerida para el crecimiento del fitoplancton (Campagna et al., 2006). La producción de fitoplancton en el Mar Argentino describe un ciclo bimodal anual, de aumento y posterior descenso, típico de ecosistemas de aguas templado-frías con termoclinas estacionales. El máximo de producción fitoplanctónica ocurre en primavera, iniciándose con un explosivo crecimiento en los meses de octubre y noviembre en aguas costeras de baja profundidad al Norte de la plataforma. La onda de producción se expande gradualmente hacia el Sur y se aleja de la costa a medida que se ingresa en el periodo estival. Un máximo secundario de producción primaria se observa en los primeros meses de otoño (Campagna et al., 2006).

Por lo general, después de los máximos de producción primaria primaveral se produce una reducción en la concentración de nutrientes, especialmente de silicatos, que limita el crecimiento de las diatomeas, por lo que se opera un cambio de elenco en la flora fitoplanctónica a favor de los cocolitofóridos, los dinoflagelados y otros pequeños flagelados que tienen la capacidad de utilizar nutrientes a partir de la mineralización de compuestos orgánicos (Campagna et al., 2006).

[Signature]

En cuanto a la distribución de las especies, los frentes constituyen una barrera de dispersión y definen patrones biogeográficos de los organismos marinos. En las aguas cálidas cercanas a los frentes, el fitoplancton está dominado por flagelados y pocas especies de diatomeas. Las aguas de la confluencia Brasil/Malvinas están dominadas por diatomeas de zonas templadas (*Leptocylindrus*, *Pseudonitzschia*, *Rhizosolenia*, *Fragilariopsis* y pequeños *Chaetoceros* y *Odontella*). La población de dinoflagelados en esta zona está conformada por una mezcla de especies heterotróficas de aguas frías y subtropicales. También abundan unas pocas formas autotróficas que contribuyen al máximo de clorofila que se registra en estas aguas. En las aguas superficiales en las que los valores de clorofila son altos, entre los 38° y los 40 °S, se encuentran foraminíferos propios de aguas frías (*Globigerina bulloides*, *Neoglobobulimina pachyderma*) en mayor proporción que los observados al norte o al sur de dicha posición. La flora de diatomeas de la corriente de Malvinas, al sur del área de confluencia, es más diversa y se encuentra dominada por especies de aguas frías de los géneros *Pseudonitzschia*, *Rhizosolenia*, *Fragilariopsis* y *Thalassiosira*, entre otros (Cañete, 2005). Mediante el empleo de microscopía y análisis de pigmentos, (Carreto et al., 2003) determinaron la presencia de tres asociaciones fitoplanctónicas en una sección que atravesaba el Río de la Plata desde la zona estuarial hasta el sector oceánico: 1) Comunidades estuariales y costeras, dominadas por la criptofita *Cryptomonas* sp., con presencia del flagelado heterótrofo *Noctiluca scintillans*. 2) Comunidades de la plataforma continental y la Corriente de Malvinas, dominadas por el cocolitofórido *Emiliania huxleyi*. 3) Comunidad de la Corriente de Brasil, caracterizada por la abundancia de la cianobacteria picoplanctónica *Synechococcus* sp.

En el área de influencia indirecta del proyecto se puede verificar la presencia de concentraciones importantes de fitoplancton en varias zonas de la plataforma, asociadas al frente estuarial del Río de la Plata y al Frente del Talud Continental (Figura 137).

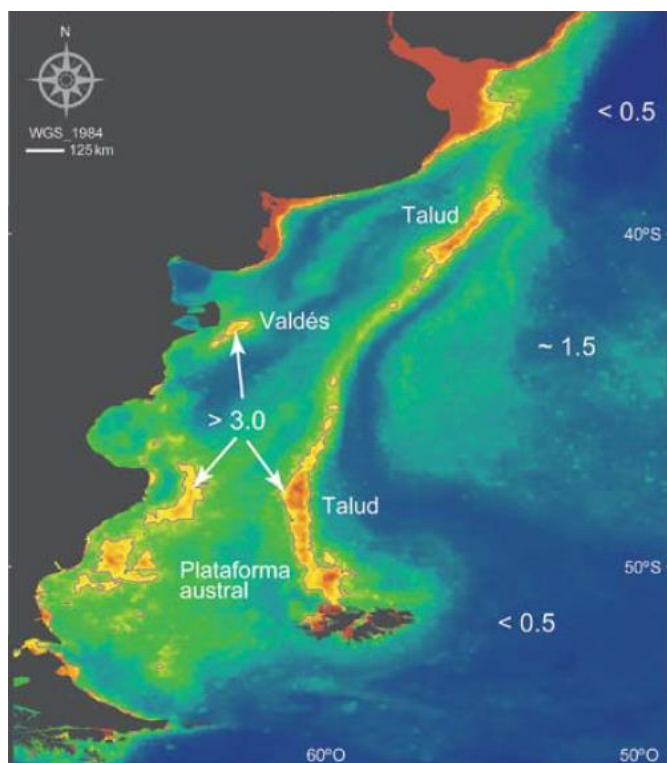


Figura 137. Datos promedio de clorofila para el mes de enero durante el periodo 1998-2006 (valores en mg/m³; productividad creciente: tonos azul, verde, amarillo y rojo). Fuente: Carranza et al., 2008.

[Firma manuscrita]

La zona económica exclusiva Argentina (ZEEA) presenta 6 frentes, tal como se mencionó anteriormente: Frente del Río de la Plata, Frente del Talud Continental, Frente de la plataforma media, frente "El Rincón", Frentes norpatagónicos y surpatagónicos. El área de influencia indirecta del proyecto abarca en el Frente del Talud Continental, donde se puede verificar la presencia de concentraciones importantes de fitoplancton (Romero 2008; Cepeda et al., 2018).

El Frente del Talud se define entre las aguas de la Corriente de Malvinas y las aguas que están sobre la plataforma a profundidades menores de los 200 m. A lo largo del frente se dan procesos de surgencias donde la Corriente de Malvinas provee de nutrientes hacia las capas iluminadas en la plataforma lindante, dando lugar a una importante producción fitoplanctónica que sostiene la trama trófica de la región, especialmente en primavera (octubre a diciembre) y verano (enero a marzo). El zooplancton de esta región es muy diverso y está compuesto por grandes abundancias de anfípodos hipéridos, eufásidos, salpas y especies zooplanctónicas carnívoras entre las que sobresalen la medusa *Desmonema gaudichaudi* por las grandes biomásas alcanzadas durante sus frecuentes explosiones demográficas. Las proximidades de este frente constituyen uno de los caladeros más importantes de calamar argentino (*Illex argentinus*), merluza común (*Merluccius hubbsi*), viera patagónica (*Zygochlamys patagónica*), polaca (*Micromesistius australis*), merluza austral (*Merluccius australis*), merluza de cola (*Macruronus magellanicus*) y merluza negra (*Dissostichus eleginoides*) (Allega et al., 2020).

4.2.1.2 Distribución temporal

A continuación se muestran imágenes compendiadas de clorofila derivadas de satélites tomadas durante las cuatro estaciones del año 2018 (Allega et al., 2020) (Figura 138). En la misma se observa claramente un florecimiento del fitoplancton en casi toda el área durante la primavera, debido al incremento de la radiación solar, la estratificación de la columna de agua en muchos lugares (permitiendo al fitoplancton permanecer en la capa iluminada) y la disponibilidad de nutrientes que fueron distribuidos en toda la columna por la mezcla invernal. Durante el otoño la concentración de clorofila baja en toda la región pero permanecen los valores medios en toda la plataforma (hasta el talud) con focos en regiones costeras. En el invierno se dan las concentraciones más bajas, principalmente debido a la baja radiación solar y a la activa mezcla de la columna de agua. No obstante, en la zona norte se evidencia el comienzo de la floración primaveral. Es importante aclarar que en el área del Río de la Plata, que aparece intensamente coloreada todo el año, la estimación de clorofila satelital está fuertemente sesgada por la presencia de detritos en suspensión y material orgánico en solución. Además, debe tenerse en cuenta que esta descripción, si bien es representativa de un patrón general de distribución, presenta una variabilidad intra e inter-anual (Negri, 2010).

Para el Frente del Talud, área de influencia indirecta del proyecto, los valores máximos de productividad fitoplanctónica se registran durante las estaciones de primavera y verano.



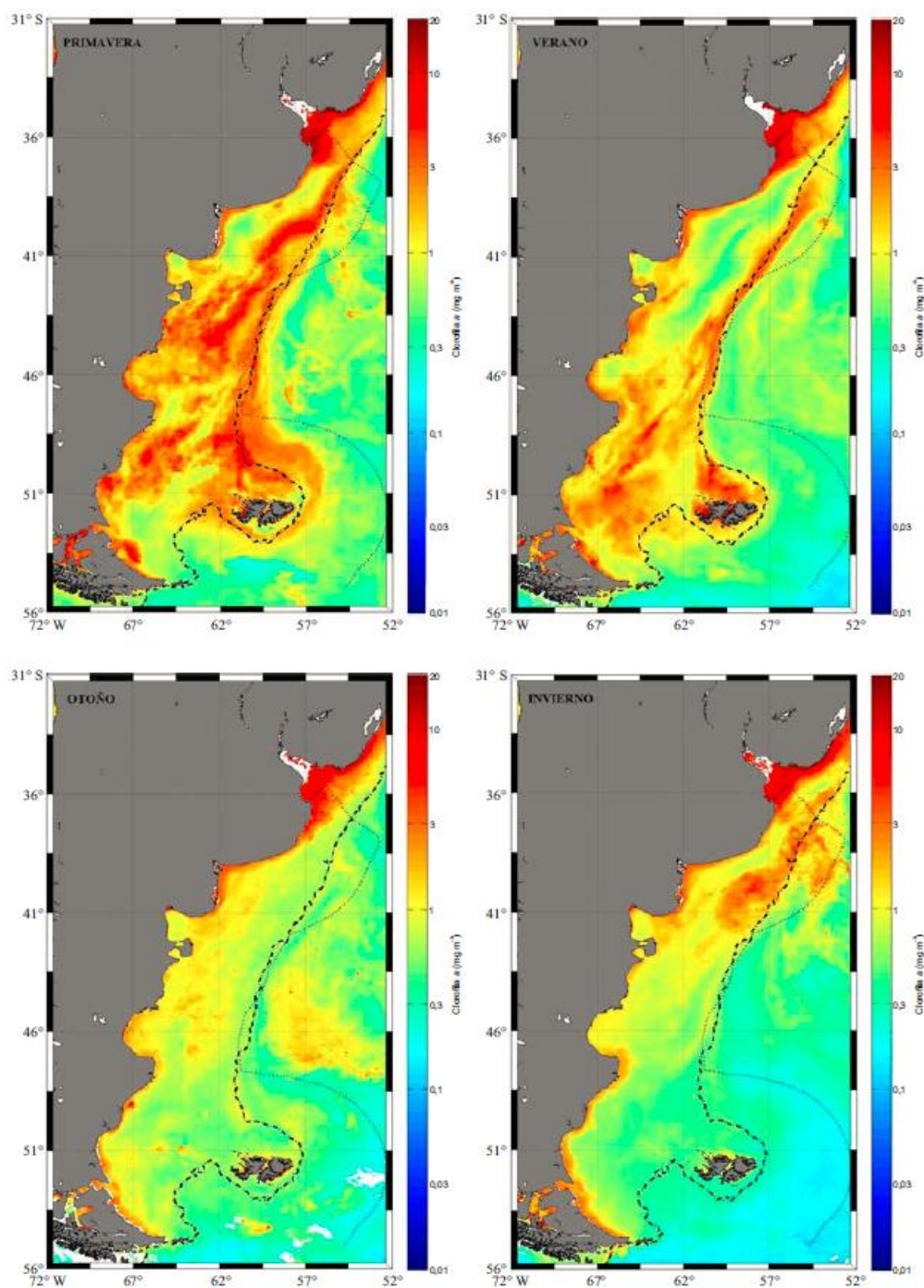


Figura 138. Mapas de distribución de clorofila satelital en las cuatro estaciones de 2018: verano (enero febrero- marzo), otoño (abril-mayo-junio), invierno (julio-agosto-septiembre) y primavera (octubre-noviembre- diciembre). Imágenes MODIS-Aqua de 4 km de resolución compuestos cada 3 meses, procesadas por el Subprograma de Sensoramiento Remoto del INIDEP. Fuente: Allega et al., 2020.

Para más información ver Medio Físico punto 3.2.5 Parámetros físico-químicos del agua de mar.

[Handwritten signature]

4.2.2 Zooplancton

En el Mar Argentino el ciclo de producción del zooplancton adopta patrones típicos de mares templado-fríos, con una variación estacional de su biomasa asociada al explosivo crecimiento primaveral del fitoplancton, que experimenta un gradiente progresivo desde la costa hacia el talud y del Norte al Sur, de acuerdo con la abundancia de nutrientes y la estabilización de la columna de agua.

En las aguas de las corrientes de Malvinas y Brasil viven más de 1.000 especies de zooplancton marino. La mayoría de las especies son escasas y la representación en grupos taxonómicos es desigual: más del 80 % de los individuos corresponden a menos del 20 % de las especies. En la Figura 139 se observa la cantidad de especies de varios grupos zooplantónicos a nivel mundial para el océano mundial y para el Mar Patagónico y adyacencias (Boltovskoy et al., 1999).

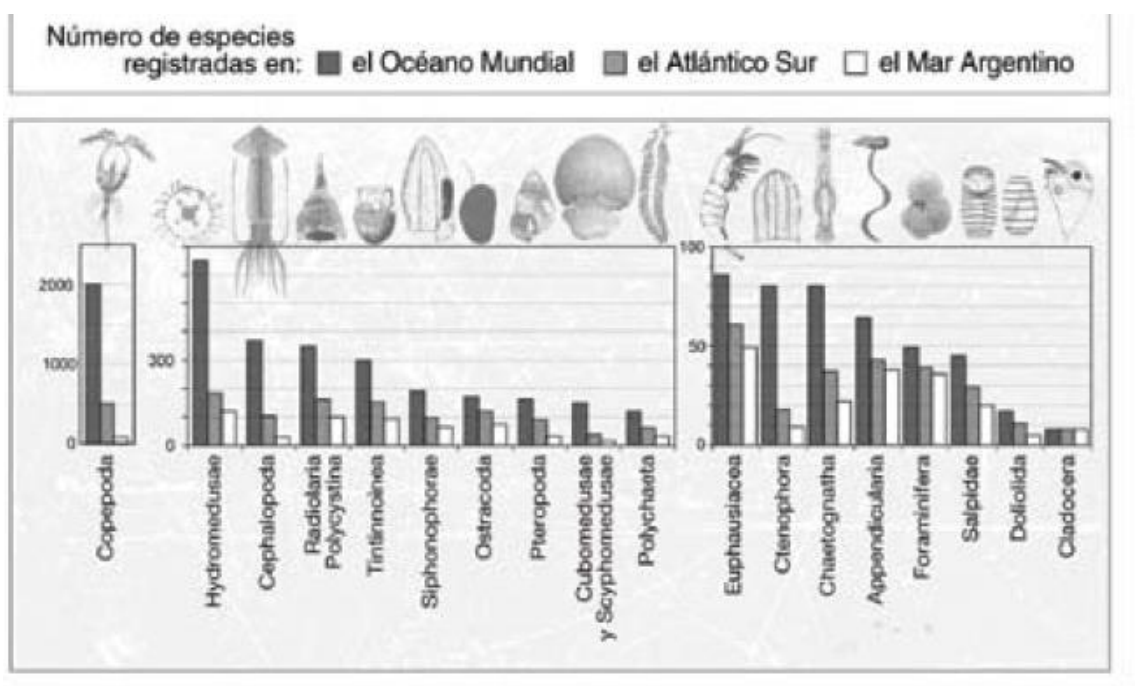


Figura 139. Diversidad del zooplancton comparando el océano, el mar patagónico y sus adyacencias
Fuente: Boltovskoy et al., 1999.

Con respecto a la composición del zooplancton, la fracción que comprende a los organismos de menos de 2 mm de largo (mesozooplancton) se compone principalmente de copépodos. Las especies dominantes de copépodos calanoideos en la plataforma interna y media son: *Calanoides carinatus*, *Calanus australis*, *Calanus simillimus*, *Ctenocalanus vanus*, *Drepanopus forcipatus* y *Clausocalanus brevipipes* (Cepeda et al., 2018). En general, el mesozooplancton muestra una leve tendencia a aumentar en aguas costeras (en proximidades a la isobata de 50 m), disminuyendo en aguas intermedias y volviendo a incrementarse en la zona del talud y aguas adyacentes (Sabatini y Colombo, 2001).



El macrozooplancton está compuesto por organismos entre 2 mm (ej: Ostrácodos, juveniles de anfípodos y eufaúsidos, algunas larvas de crustáceos, huevos de peces) y 5 mm de largo (ej: Adultos de eufaúsidos y anfípodos hipéridos, quetognatos) (Sabatini et al., 2001). Uno de los organismos zooplanctónicos más importantes en el área es el krill, ya que representa la fuente de alimento de muchas especies de peces, cetáceos, pinípedos, pingüinos y otras aves marinas que frecuentan el área. Se conoce con ese nombre a los crustáceos pelágicos del género *Euphausia* (eufaúsidos). Por otro lado, el grupo de anfípodos es prácticamente monoespecífico y está representado casi exclusivamente por *Themisto gaudichaudii*. Esta especie constituye el alimento clave para la mayoría de las especies de peces que se distribuyen en el área (Padovani et al., 2012).

4.2.2.1 Distribución espacial

Cepeda (2006) estudió la variación espacial de la biodiversidad mesozooplancónica en un sector de la plataforma costera bonaerense. En el área de influencia del proyecto se identificó un total de 15 especies de copépodos y 5 especies de cladóceros. También se registraron otros grupos de apendicularias, quetognatos, medusas, pteropodos y varios tipos de larvas mesozooplancónica, como los poliquetos, lamelibranquios, cirripedios y caliptopis y furcillas de eufaúsidos. Los copépodos fueron dominantes en la comunidad mesozooplancónica. Se identificaron tres áreas faunísticas: estuarina, costera y de plataforma interna-externa (abarcadas en el área de influencia indirecta del proyecto), los organismos característicos de cada área se observan en la Figura 140 y Figura 141. La estratificación fue la variable que mejor explicó la distribución espacial obtenida.

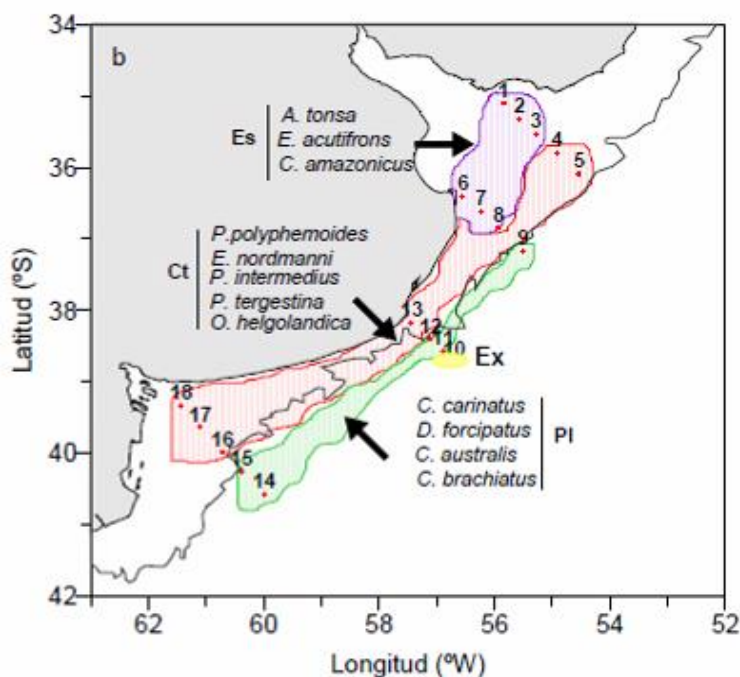


Figura 140. Mesozooplankton de un sector de la plataforma costera bonaerense indicando sus principales especies y el número de estaciones en transectas (noviembre 2002). Fuente: Cepeda, 2006.

[Firma manuscrita]

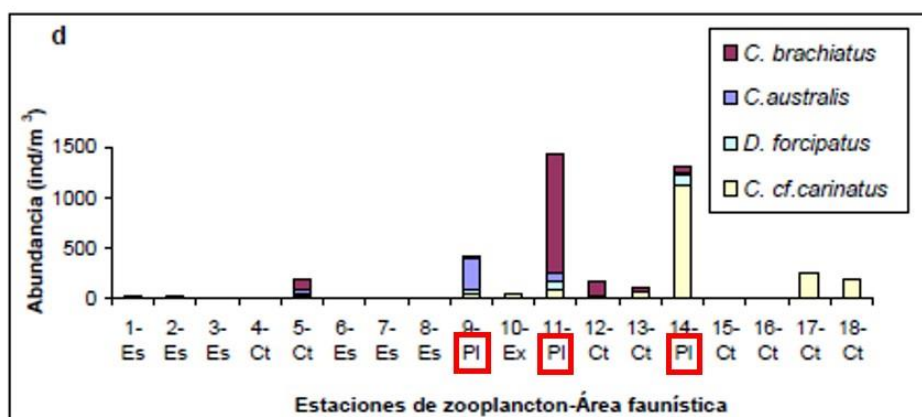


Figura 141. Mesozooplankton en un sector de plataforma bonaerense en noviembre de 2002. Densidad de especies indicadoras en el área de plataforma interna. Fuente: Cepeda, 2006.

Más recientemente, Cepeda et al. (2018) realizaron una revisión de la información disponible sobre la diversidad y ecología del zooplankton del Océano Atlántico Sur. El foco estuvo en los copépodos y secundariamente los anfípodos hipéridos y eufaúsidos. En este trabajo se consideró la estructura y dinámica de las comunidades zooplanctónicas en relación a las masas de agua, áreas frontales y circulación en general, específicamente en la plataforma norte, el sistema frontal Valdés y la plataforma sur. En la Figura 142 se observa el detalle de la abundancia relativa en el área de estudio.



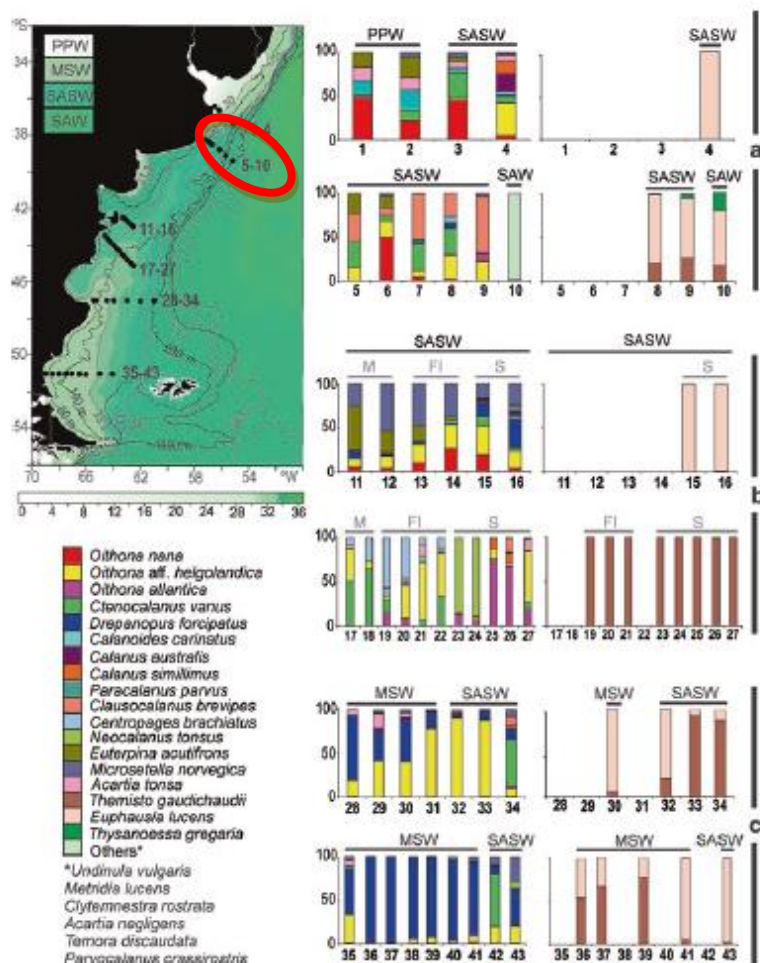


Figura 142. Abundancia relativa de las especies de copépodos y macrozooplankton a lo largo de distintas transectas que atraviesan la plataforma. a) Plataforma norte; b) Sistema Frontal Valdés sobre Patagonia Norte; c) Plataforma Patagonia sur. Se observa la distribución horizontal del promedio anual de salinidad de superficie correspondiente a las masas; PPW: aguas de la Pluma del Plata; MSW: aguas del Estrecho de Magallanes; SAW: Aguas de la plataforma subantártica y Corriente de Malvinas; SASW: Aguas de la plataforma subantártica. M: aguas mixtas. FI interface frontal y S estratificada representando 3 sectores del Frente Valdés. El recuadro rojo indica la transecta de la plataforma sur, cercana al área de estudio. Fuente: Cepeda et al., 2018.

[Firma manuscrita]

En la Figura 143 se observa la distribución y abundancia de las principales especies presentes en toda la plataforma y el borde del Talud (Cepeda et al., 2018). Con abundancias variables a lo largo de las estaciones, los componentes principales para la zona de Aguas de la plataforma subantártica (SASW) consisten en adultos y copepoditos tardíos de *Drepanopus forcipatus*, copepoditos C5 y hembras adultas de *Calanus australis* y el amphipodo *Themisto gaudichaudii*. Mientras que la zona SASW se caracteriza por copepoditos C4-5 de *Drepanopus forcipatus*; hembras y copepoditos tardíos de *Calanus vanus*, *Calanus brevipes* y *Calanus simillimus*; el cyclopoidio *Oithona aff. helgolandica* y *Oithona atlantica*; *T. gaudichaudii*, juveniles de euphasidos. Migrantes estacionales epipelágicos tales como *Neocalanus tonsus* C5, *Subeucalanus longiceps* y *Metridia lucens* han sido registrados en bajo número sobre la plataforma externa, cerca del talud (Ramírez y Sabatini, 2000). Las contribuciones significativas de especies de pequeño tamaño como *O. aff. helgolandica* y *Microsetella norvegica*, sólo se han hecho evidentes recientemente a partir de muestreos con redes de malla fina. En términos de ocurrencia y abundancia, estos copépodos ocupan, respectivamente, el segundo y tercer lugar en abundancia en la comunidad después de *Drepanopus forcipatus*. *Calanus vanus* aparece cuarto en abundancia, más concentrado en las aguas offshore, mientras que la importancia numérica relativa de *Calanus australis* parece ser menor que la establecida previamente usando redes más gruesas (Antacli et al., 2010; 2014).

Las masas de Aguas de la plataforma subantártica y Corriente de Malvinas (SAW) y de Aguas de la plataforma subantártica (SASW) están tan estrechamente relacionadas en su origen que sus comunidades asociadas son parecidas. Diferencias en la abundancia de las especies es el resultante de historias de vida distintivas y el desarrollo de la población podría ser más importante para definir los conjuntos. La comunidad SASW de nivel medio puede ser caracterizada como un conjunto de ecotono, relacionada con una extensión de la comunidad de las masas de Aguas del Estrecho de Magallanes (MSW), pero con fuertes contribuciones del SAW (Cepeda et al., 2018).

Las masas de Aguas del Estrecho de Magallanes (MSW) se caracterizan por adultos y copepoditos tardíos de *Drepanopus forcipatus*, copepoditos C5 y adultos, hembras de *Calanus australis* y el anfípodo *Themisto gaudichaudii*. Las masas de Aguas de la plataforma subantártica (SASW) se caracterizan principalmente por copépodos C4-5 de *Drepanopus forcipatus*; hembras y copepoditos tardíos de *Calanus vanus*, *Clausocalanus brevipes* y *Calanus simillimus*; los ciclopoideos *Oithona aff. helgolandica* y *Oithona atlantica*; *T. gaudichaudii*; y juveniles euphausidos. La mayoría de estas especies también son típicas del conjunto SAW. Migrantes estacionales epipelágicos como *Neocalanus tonsus* C5, *Subeucalanus longiceps* y *Metridia lucens* también se registran, aunque en números reducidos, sobre la plataforma exterior cerca de la pendiente (Ramírez y Sabatini, 2000). Debido a la amplia extensión de la plataforma continental, la comunidad de las masas de Aguas de la plataforma subantártica y Corriente de Malvinas (SAW) tiene solo una representación menor en el área del frente patagónico, respecto a lo históricamente registrado. Las importantes contribuciones de especies de pequeño tamaño, como *Oithona aff. helgolandica* y *Microsetella norvegica*, sólo recientemente se han hecho evidentes a partir de muestreo con redes de malla fina (Antacli et al., 2010; 2014b). En términos tanto de abundancia numérica como de ocurrencia, estos copépodos ocupan, respectivamente, el segundo y terceros lugares en la comunidad después de *Drepanopus forcipatus*, que es consistentemente el más componente conspicuo del mesozooplankton en el sistema de la Plataforma Continental Argentina del sur, con mucho superando en número a cualquier otra especie en todas las estaciones. *Ctenocalanus vanus* aparece como la cuarta especie más numerosa, concentrada principalmente en aguas marinas, mientras que la importancia numérica relativa de *Calanus australis* más grande parece ser menor que la establecida previamente usando redes más gruesas (Cepeda et al., 2018).

