

# Estudio sobre el Área Marina Protegida “Yaganes”

Silvia Inés Romero<sup>1,3,4</sup>, Mariano Ferro<sup>2,4</sup>, Eugenio Facchin<sup>2</sup>,  
Marianela Castro<sup>1,3</sup>, Cristian Gómez<sup>3</sup>,  
Andrea Benitez Sotelo<sup>4</sup> y Araceli Sanchez Verón<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Servicio de Hidrografía Naval (SHN)

<sup>2</sup> Escuela de Guerra Naval (ESGN/FADARA/UNDE)

<sup>3</sup> Escuela de Ciencias del Mar (ESCM/FadARA/UNDEF)

<sup>4</sup> Universidad Nacional Buenos Aires (UBA)

**Resumen.** El Área Marina Protegida Yaganes, en el talud continental más austral de Argentina, destaca por su biodiversidad y la presencia de cañones y montes submarinos. Con su creación, Argentina triplicó la protección de sus ecosistemas marinos. El objetivo del proyecto es brindar información oceanográfica de base para Yaganes y áreas aledañas, actualizada al 2025. Los objetivos específicos incluyen la recopilación, mapeo, análisis e interpretación de datos oceanográficos, tanto in situ como satelitales, y la creación de indicadores y mapas biofísicos que faciliten la toma de decisiones. Se integran datos de batimetría, vientos, corrientes, temperatura, salinidad y clorofila satelital para mejorar el conocimiento del ecosistema de Yaganes y permitir una gestión eficiente. Yaganes conecta dos océanos y está cerca de la región limítrofe entre Argentina y Chile, donde se estudian estrategias de conservación cooperativa. Los resultados servirán como herramienta para analizar posibles impactos de decisiones sobre defensa y soberanía.

**Palabras Clave:** Yaganes, AMP, ecosistemas marinos, defensa y soberanía.

## 1 Introducción

El área marina protegida Yaganes está inmersa en la región norte del Océano Austral, donde se encuentran los océanos Pacífico y Atlántico. Este océano resulta clave para una variedad de procesos oceanográficos y climáticos que tienen impacto a nivel global [1]. Además, incluye a la corriente oceánica más grande del mundo, la Corriente Circumpolar Antártica (CCA) y sus desprendimientos hacia el norte de 50 S, como la Corriente de Malvinas. Es la zona del océano global más importante en términos de la absorción de calor y CO<sub>2</sub> antropogénico de la atmósfera [2]. En las plataformas que rodean a la Antártida se forman aguas densas y frías que luego se exportan como parte de la circulación profunda global. Biológicamente, el Océano Austral es un área de alta productividad con una gran biodiversidad. Las condiciones

climáticas son severas durante todo el año y la batimetría es muy importante para entender los procesos que allí ocurren [1].

Un área protegida de reciente creación como la de Yaganes, en la que prácticamente no existen líneas de base de información ambiental, necesita de campañas oceanográficas nacionales con el fin de obtener información in situ para caracterizar los posibles "dominios" o "ambientes" dentro de la misma. La planificación y organización de estas campañas científicas se realiza en base a decisiones que conllevan, además de otros, criterios ambientales de mediano (estacional y anual) y largo plazo (décadas). El fitoplancton, constituye la base de la cadena trófica en el mar y por lo tanto las floraciones estacionales del fitoplancton (máxima abundancia) y su variabilidad interanual, son de fundamental importancia para la alimentación del resto de la red trófica, en definitiva, controla la composición y evolución de un ecosistema marino. Las campañas de medición de parámetros in situ, deberían sincronizarse lo mejor posible con los momentos de máxima abundancia de fitoplancton. Es así que los datos satelitales de concentración de clorofila superficial (una buena estimación de la abundancia de estos organismos) se tornan indispensables para definir el timing de las floraciones y por ende, los momentos biológicamente más adecuados para la realización de campañas.

Por otro lado, la evolución temporal y la distribución espacial de la clorofila, los vientos, las corrientes, la temperatura y la salinidad de la superficie, resultan información de base fundamental para el estudio de ecosistemas marinos en el marco del cambio climático. Estas variables pueden obtenerse a partir de sensores satelitales y su descarga puede realizarse libremente desde internet desde los sitios de las agencias espaciales NASA y ESA. Sin embargo, cada variable oceanográfica resulta estimada a partir de la medición de diferentes sensores que más adelante en esta propuesta, se detallan. Hace falta experiencia y conocimiento en el área de oceanografía física y satelital, con la que cuenta este equipo de trabajo, para poder reunir la información de distintos sensores, con variadas resoluciones de tiempo y espacio que habilitan el monitoreo de procesos de diferentes escalas. Los controles de calidad de la información y los posibles errores al no contar con datos regionales para validar en un inicio, deben realizarse con el conocimiento del área y sus características generales, atmosféricas y oceánicas y ecosistémicas. Asimismo, la importante influencia de la batimetría en la modulación de la circulación oceánica en esta región del océano austral, debe estudiarse y evaluarse con distintas bases de datos batimétricos disponibles también en forma gratuita, también son datos grillados que provienen de altimetría satelital y de mediciones in situ de ecosondas y sonares multihaz. El equipo de trabajo también cuenta con la componente cartográfica. Es necesario el uso de cartografía adecuada para la realización de los mapas biofísicos, que buscan descubrir o poner de manifiesto asociaciones espaciales entre rasgos topográficos del fondo y zonas de variaciones en la abundancia de fitoplancton, o de los patrones de circulación. Por lo tanto, la cartografía generada debe incluir con el mayor detalle posible los rasgos topográficos del fondo y contar con la toponimia asociada en español (de ARG).

En virtud de lo expuesto, el presente proyecto propone avanzar en el conocimiento para responder a las siguientes preguntas científicas en las distintas líneas de investigación.

## **2 Preguntas Científicas**

### **2.1 Oceanografía**

¿Cómo influyen los rasgos batimétricos del AMP Yaganes en las corrientes marinas?

¿Cómo impactan los vientos, las corrientes y los frentes oceánicos en el AMP Yaganes, en las distribuciones de temperatura, salinidad y en la clorofila (indicador del fitoplancton marino)?

¿Cuál es el nivel de conectividad entre los ecosistemas protegidos que albergan el parque marino Islas Diego Ramírez-Paso Drake de Chile y el AMP Yaganes de Argentina?

### **2.2 Defensa y Estrategia en el Atlántico Sur**

¿Cómo es la cooperación transfronteriza entre las repúblicas de Argentina y Chile en materia ambiental, en particular en lo que se refiere a áreas protegidas transfronterizas en los espacios marítimos entre el Parque Marino Islas Diego Ramírez-PD de Chile y el AMP Ya-ganes de Argentina?

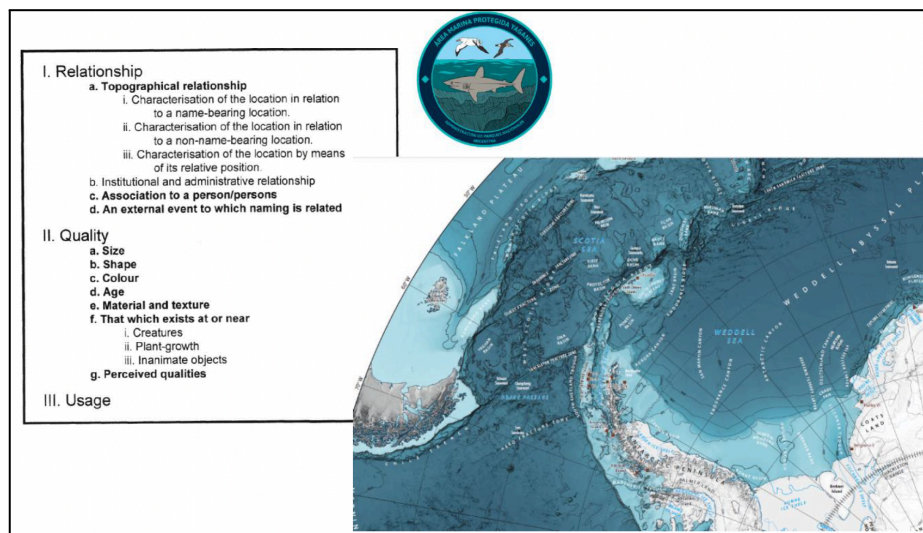
¿Cuál es el grado de avance en la institucionalización de un proyecto de creación de áreas marinas protegidas binacionales entre Argentina y Chile?

### **2.3 Cartografía**

¿Qué características actualizadas tiene la base de datos batimétricos Bathymetric Chart of the Southern Ocean (IBCSO) v2, recientemente publicada, en la región de la AMP Yaganes? ¿Cómo compararla con la nueva versión de ETOPO 2022?

Estas bases de datos globales son muy utilizadas en oceanografía ya que permiten contar con grillas batimétricas para superponer al resto de las bases georeferenciadas. La Argentina debería contar con una base batimétrica nacional que pudiera utilizarse para documentos oficiales más allá de las cartas náuticas que realiza el SHN.

En la siguiente figura (Fig.1) se puede apreciar un modelo de clasificación de los topónimos a partir de la semántica de los nombres [3]. A la derecha una porción de la carta batimétrica de alta resolución Bathymetric Chart of the Southern Ocean (IBCSO v.2) publicada en 2022 [1].



**Fig 1.** A la izquierda, un modelo de clasificación de los topónimos a partir de la semántica de los nombres [3]. A la derecha una porción de la carta batimétrica IBCSO-v2 [1] se pueden apreciar en blanco los topónimos en inglés (ejemplos Yaghan Basin, Drake Passage, Chile Trench, etc). El logotipo del AMP Yaganes (<https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente>)

### 3 Objetivo General

Brindar información de base actualizada al 2024 proveniente de datos globales con un zoom a la escala regional del AMP Yaganes, analizar e interpretar dicha información y aportar al conocimiento oceanográfico integral del ecosistema de Yaganes que permita una gestión eficiente del área marina protegida. Además, complementar el estudio multidisciplinar con el análisis de la posible cooperación transfronteriza entre las repúblicas de Argentina y Chile en materia ambiental.

#### 3.1 Objetivos Específicos

Involucran las líneas de investigación de la ESCM (oceanografía y cartografía) y de la UNDEF (Recursos naturales estratégicos, defensa y estrategia en América del Sur, Intereses Marítimos y Defensa Nacional en el Atlántico Sur y la Antártida)

**3.1.1 Objetivo específico Oceanografía.** Este objetivo es el más ambicioso del proyecto y cuenta con 2 sub ítems.

**3.1.1. a** Identificar, en el AMP Yaganes, la influencia de los rasgos batimétricos en las corrientes, y a su vez la influencia de los vientos y las corrientes en las variaciones de temperatura, salinidad y clorofila. Formar a las estudiantes de la licenciatura en oceanografía.

**3.1.1. b** Analizar el grado de conectividad entre el parque marino Islas Diego Ramírez-Paso Drake de Chile y el AMP Yaganes de Argentina, en cuanto a

abundancia de fitoplancton (estimada por clorofila satelital) y su variabilidad. Este objetivo está relacionado al análisis de un planteo conservacionista cooperativo entre ambos países.

Para responder a este objetivo se plantea realizar una caracterización ambiental de base mayormente satelital, vientos, corrientes (a partir de altimetría), salinidad y temperatura.

Clorofila Satelital. Línea de base (campo medio), rangos de variación (máximos y mínimos, desvíos), estacionalidad, anomalías interanuales, series temporales en áreas de interés dentro de las tres regiones de manejo del Área Marina Protegida: PNM (Parque Nacional Marino), RNM y RNME (Reserva Nacional Marina y Reserva Nacional Marina Estricta) y en el parque marino de Chile.

Como resultado se espera incrementar el conocimiento existente sobre los rasgos batimétricos y variables asociadas en el AMP Yaganes.

### **3.1.2 Objetivo específico Defensa y Estrategia en el Atlántico Sur.**

Analizar la cooperación transfronteriza entre las repúblicas de Argentina y Chile en materia ambiental, en particular en lo referido a la creación de áreas protegidas transfronterizas en espacios marítimos. En particular, analizar el proyecto de creación de un área marina de investigación común Islas Diego Ramírez – Paso Drake y Yaganes.

Para responder a este planteo dos docentes investigadores de la ESCM y de la ESGN trabajarán con el análisis de bibliografía sobre áreas de protección y se tomarán entrevistas para recabar información.

### **3.1.3 Objetivo específico Cartografía.**

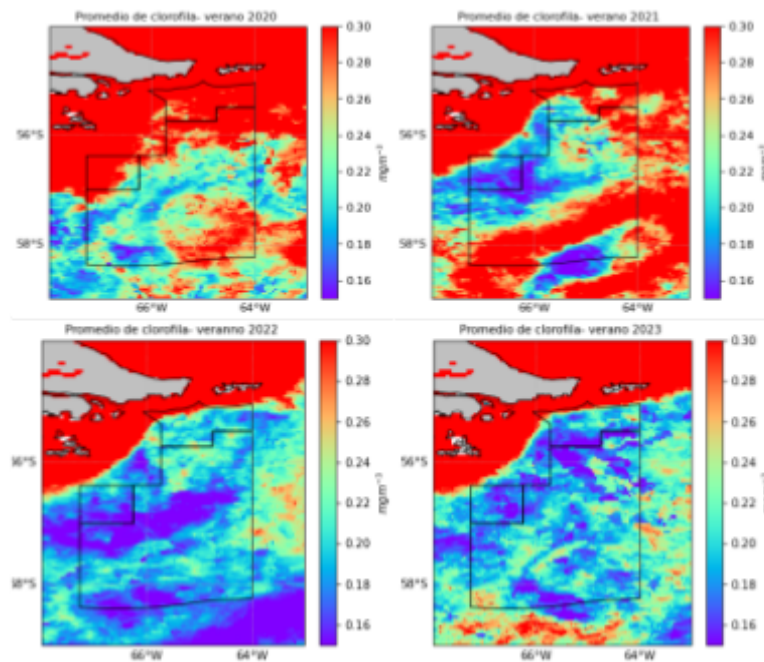
Aumentar el conocimiento respecto de las bases de datos de batimetría global más utilizadas (ETOPO y GEBCO) en particular en la región de Yaganes. Generar toponimia en español (de Argentina) para los mapas que se realicen del AMP y adyacencias. Formar a los estudiantes de la licenciatura en cartografía al investigar y generar productos utilizables.

Para llevar adelante este objetivo, se plantea una caracterización de ambas bases globales en la región, sendos mapas y cuantificación de las diferencias punto a punto de las grillas. Comparación de rasgos topográficos destacables de la región de Yaganes, entre ambas bases de datos, e identificación espacial de las máximas diferencias a fin de comparar con mediciones in situ disponibles de ecosondas y sonares multihaz. Identificación de nomenclaturas diferentes entre Argentina y Chile, con algún tipo de clasificación según la semántica de los nombres (nombres de personas, nombres de eventos, etc.)

#### 4 Aspectos técnicos metodológicos

Nuestro grupo de trabajo viene elaborando hace tiempo (a través de distintos financiamientos que la ESCM y la UNDEF nos han proporcionado) herramientas geoespaciales y estratégicas para la toma de decisiones. Mapas biofísicos que integran hasta 3 capas de información satelital (por ej. Corrientes, temperatura y clorofila). Mapas de correlación espacial entre anomalías de clorofila y componente meridional y zonal del viento para todos los meses del año climatológico, por ejemplo correlaciones significativas que muestran que en la plataforma patagónica, la clorofila satelital disminuye su concentración (anomalías negativas) en condiciones de viento norte más intenso (anomalías positivas de la componente meridional) y viceversa.

Para la clorofila satelital, se utilizan y se continuarán actualizando distintas bases de datos provenientes de sensores visibles correspondientes a la capa cercana a la superficie del mar. La resolución espacial es variable, desde los cientos de metros hasta los 4 ó 9 km. La resolución temporal utilizada también es variable, partiendo desde la diaria, pasando por la semanal, la mensual, la estacional y hasta la frecuencia anual para evaluar cambios interanuales en los distintos sitios de interés.

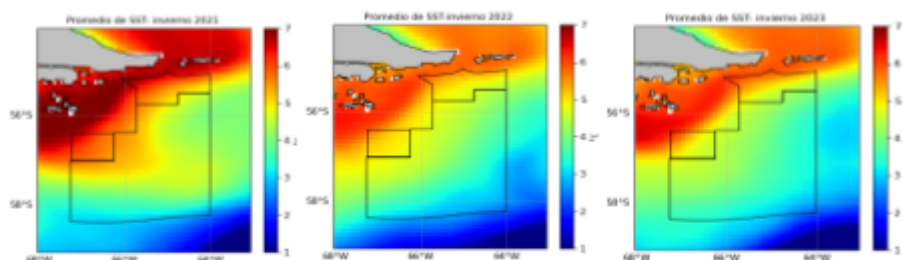


**Fig 2.** Promedios de verano de clorofila satelital para el período 2020-2023: Datos de 4km, semanales MODISA L3m reprocesados con la vR2022.0 de NASA. resolución temporal, 8 días. (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>)

Otro de los productos utilizados es “merged-ATV” de nivel 3 de procesamiento, disponible en el sitio de Ocean Color de la NASA, combina 3 sensores ópticos MODIS-AQUA, MODIS-TERRA y VIIRS-SNPP. El algoritmo de clorofila es OCI, un algoritmo utilizado en forma operativa por la NASA, testeado y evaluado, sin embargo, existen otros algoritmos como OC3 (para Modis) y OC4 (SeaWifs). Estos algoritmos dependen de las bandas de diseño que poseen los distintos sensores.

Las misiones satelitales de color del mar (de NASA y ESA) fueron sucediéndose (de NASA, SeaWifs, Modis, Viirs, ESA, Meris, Sentinel-3 OLCI) y actualmente los datos pueden descargarse para series de tiempo que integradas cuentan ya con más de 20 años. Un dato no menor es la falta de información bajo la presencia de cobertura nubosa, o la contaminación de píxeles válidos, cercanos a los bordes de las nubes, cuestión que ocurre con más frecuencia en latitudes al Sur de 50 Sur. La región de Yaganes es un área con estas características y por lo tanto los meses de invierno presentan estos problemas. Para evaluar series de tiempo, es conveniente descargar el set de datos más extenso y que contenga menos cantidad de datos faltantes (nubes). En general, se trata de productos grillados que combinan varios sensores, al tener distintos horarios de cruce del Ecuador, esta es una manera de tomar en cuenta la variabilidad diurna en la cobertura de las nubes. Eventualmente, se puede cambiar de set de datos más adelante siempre que se siga el mismo procedimiento en la creación de las series temporales y mapas.

El largo de las series temporales y la resolución espacial dependerá de cada sensor y cada producto geofísico que se utilice (viento, temperatura, etc) sin embargo, la definición de polígonos o subdominios dentro del AMP para las series temporales se realizará siempre a partir de los valores máximos de clorofila satelital y/o de las tres regiones de manejo del Área Marina Protegida: PNM (Parque Nacional Marino), RNM y RNME (Reserva Nacional Marina y Reserva Nacional Marina Estricta). Para el AMP Yaganes los rangos de variación de clorofila en primavera por ej. oscilan entre 0.12 y 1 mg/m3 en octubre climatológico y son algo mayores en noviembre (entre 0.4 y 1 mg/m3).



**Fig 3.** Promedios de invierno de temperatura superficial del mar para el período 2021-2023: Datos de 0,1°x 0,1° de resolución espacial, Resolución temporal: Diaria (Producto: SST\_GLO\_PHY\_L4\_NRT\_010\_043 )

También se usarán bases de datos in situ de repositorios nacionales (SHN e INIDEP) e internacionales para caracterizar la columna de agua, ya que los datos satelitales son representativos de la superficie. El Ocean Data View ha generado recientemente un sitio web para la consulta, gráfica y descarga de información oceanográfica. La última versión de ODV: ODV 5.6.2 (4 de abril de 2022). El NUEVO servicio *webODV Explore* permite analizar y visualizar grandes conjuntos de datos ambientales. No es necesario descargar datos ni instalar software. Ocean Data View (ODV) es un paquete de software para la exploración, el análisis y la visualización interactivas de datos oceanográficos y georreferenciados, series temporales y trayectorias de boyas derivantes.

Los datos batimétricos pertenecen a las bases globales de ETOPO (NOAA) y GEBCO (IOC, IHO y BODC). GEBCO liberó recientemente su grilla batimétrica global de 30 seg de arco, que es la que GOOGLE Earth 5.0 utiliza como capa fundacional para su modelo global 3D del fondo marino. ETOPO 2022 [4] es la actualización de ETOPO1, el DEM global actual del fondo marino. Este DEM integra datos topográficos y batimétricos a una resolución espacial de 1 min de arco. La nueva versión es de mejor resolución 15 seg de arco, e incorpora los últimos avances de las fuentes de datos utilizadas y técnicas de procesamiento desde el lanzamiento de ETOPO1 en 2010. El modelo digital ETOPO 2022 usa una combinación de datos de lidar aerotransportados, topografía satelital y bases de datos de barcos de fuentes globales y de la U.S. La NOAA creó un visualizador de datos batimétricos que pueden consultarse online en <https://www.ncei.noaa.gov/maps/bathymetry/>.

## **5 Indicadores para el AMP Yaganes y aledaños**

### **5.1 Indicadores cuantitativos**

- Mapa detallado de rasgos batimétricos del AMP Yaganes y aledaños con la toponimia argentina asociada.
- Mapas de máximos de clorofila para cada píxel del área completa y mapas de medianas de fechas del máximo.
- Campos medios anuales y estacionales de clorofila satelital, temperatura, salinidad, viento y corrientes en superficie
- Mapas biofísicos que integran hasta 3 capas de información (por ej. Corrientes, temperatura y clorofila)
- Correlaciones espaciales entre anomalías de clorofila superficial y componente meridional y zonal del viento para todos los meses del año climatológico.
- Series temporales de las variables ambientales de superficie (clorofila satelital, temperatura, salinidad, viento) en subdominios de interés dentro de las tres regiones de manejo, PNM (parque nacional marino), RNM y RNME (reserva nacional marina y reserva nacional marina estricta)
- Ciclos anuales de crecimiento y decaimiento del fitoplancton (con clorofila satelital) en los mismos subdominios de las 3 áreas



### 5.1 Indicadores cualitativos

- Identificación de una visión en común entre las administraciones de Argentina y Chile
- Determinación de proyectos y líneas de trabajo conjuntas entre Argentina y Chile.
- Existencia de un acuerdo oficial firmado sobre la cooperación entre las áreas protegidas transfronterizas
- Nivel de compatibilidad legislativa entre Argentina y Chile.
- Existencia y puesta en marcha de un sistema de intercambio de datos entre Argentina y Chile
- Monitoreo ecológico conjunto.

## 6 Avances del Proyecto

Dentro de los objetivos sociales, surgió la idea de investigar la historia del pasaje que conecta el extremo sur del continente con la Antártida. El dominio geográfico del proyecto Yaganes incluye parte de este pasaje. El proyecto puede colaborar, alentar o apoyar un cambio de toponimia. Marianela Castro (ESCM) tomó ese objetivo e investigó más al respecto, dará una ponencia oral para difundir la investigación histórica en el XXIV Encuentro de Historiadores Antárticos Latinoamericanos, VIII Foro de Educación Antártica, Santa Marta, Colombia a desarrollarse entre el 11 y 13 de Septiembre de 2024. La propuesta de toponimia es novedosa haciendo una similitud con el cambio en el área marina protegida Namuncurá-Banco Burwood.

Cristian Gomez (ESCM) resumió lo que estuvo investigando sobre las bases de datos batimétricas y mostró algunos sitios adonde los datos existen, junto con los metadatos sobre los navíos que hicieron batimetría en la zona de Yaganes. Hay que solicitar permisos para descargar los datos. Es importante ver qué hace falta para que se puedan descargar esos datos de NOAA por ej (ETOPO 2022). Cristian Gomez armó un informe y este año presentó su plan de tesina de Licenciatura en Cartografía con este tema.

En el tema de AMP, el objetivo social original planteado en el proyecto, tiene carácter de manuscrito borrador en etapa avanzada (comunicación personal Dr. Mariano Ferro), “..Debido al inminente incremento de los usos del mar, y de actores con incidencia en el escenario marítimo de jurisdicción nacional resulta un imperativo avanzar en la Planificación Espacial Marina, que contemple los diversos usos del mar, en el contexto de la problemática marítima argentina, con los diversos actores, intereses, usos, recursos y valores del Mar Argentino y de la Antártida”..

Se presentaron resultados preliminares de esta investigación en una reunión en Córdoba, Septiembre 2023. Jornada Logística Antártica y protección ambiental en altas latitudes del Atlántico Sur y sector Antártico. Centro Regional Universitario (IUA) Córdoba.

## **7 Conclusiones y Perspectivas Futuras**

El proyecto avanza conforme a lo previsto, con un grado estimado de avance del 60%. 4 estudiantes de Oceanografía (UBA) y Cartografía (ESCM) están haciendo sus primeros pasos en investigación. Se realizaron mapas de distribución estacional de clorofila (fitoplancton), temperatura y corrientes. Las series de tiempo en los distintos dominios deben actualizarse para contar con las series más extensas posibles. Tenemos desafíos: No todos los integrantes del inicio continúan en el proyecto en general por cambios de lugar de trabajo o estudios. Se ha solicitado una prórroga de un año para cumplir con los objetivos.

## **8 Agradecimientos**

Agradecemos a la ESCM-FadARA-UNDEF. A las instituciones a las que pertenecemos y a todos los colaboradores que contribuyeron y lo seguirán haciendo con este proyecto, incluyendo al Servicio de Hidrografía Naval, CADIC (Ushuaia) y la UBA.

## **9 Referencias**

1. Dorschel, B., Hehemann, L., Viquerat, S. et al. The International Bathymetric Chart of the Southern Ocean Version 2. *Sci Data* 9, 275 (2022).
2. Frölicher, T. L. et al. Dominance of the Southern Ocean in Anthropogenic Carbon and Heat Uptake in CMIP5 Models. *Journal of Climate* 28, 862–886, (2015).
3. Gammeltoft, P.. In search of the motives behind naming: a discussion of a name semantic model of categorisation. In *Proceedings of the 21st International Congress of Onomastic Science* , Vol. 1, pp. 151-160, (2005)
4. MacFerrin, M., Amante, C., Stroker, K., Carignan, K., Love, M., and Lim, E., “ETOPO 2022: An Updated NOAA Global Relief Model”, vol. 2021, (2021)