

TESINA PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIADO EN CIENCIAS  
BIOLÓGICAS, PROFUNDIZACIÓN EN OCEANOGRAFÍA.  
FACULTAD DE CIENCIAS, UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA.

**Ocurrencia de cetáceos en el Océano Atlántico  
Sudoccidental y el Océano Austral y su relación  
con variables ambientales**



**ROSINA PÍRIZ GALLETTO**



Orientadora: Dra. Cecilia Passadore

Coorientador: Dr. Alvaro Soutullo



Tribunal: Dra. Diana Szteren y Dra. Caterina Dimitriadis



Montevideo, Uruguay  
**2019**

“El éxito no es un accidente, es trabajo duro, perseverancia, aprendizaje, estudio, sacrificio y lo más importante de todo, amor por lo que estás haciendo o aprendiendo a hacer”... Pelé.



A mi mami,  
a mí "Príncipe azul",  
y a mis pequeños ángeles Eze y Delfi.



## Tabla de contenido

AGRADECIMIENTOS.....	5
RESUMEN.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	8
LISTA DE TABLAS.....	10
INTRODUCCIÓN.....	12
Hipótesis.....	17
Objetivo general.....	17
Objetivos específicos.....	17
MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
Área de estudio.....	18
Océano Atlántico Sudoccidental.....	19
Océano Austral.....	22
Obtención y análisis de datos.....	22
RESULTADOS.....	29
Presencia y distribución de cetáceos.....	29
Ocurrencia de cetáceos en relación a variables ambientales.....	37
Profundidad.....	37
Clorofila-a.....	38



Temperatura Superficial del Mar (SST) .....	43
Distancia a la costa .....	47
Distancia a frentes oceanográficos .....	48
Análisis de componentes principales (ACP) .....	59
DISCUSIÓN .....	62
CONCLUSIONES .....	72
PERSPECTIVAS .....	73
BIBLIOGRAFÍA.....	75
ANEXO A: Detalles generales de campañas realizadas y listado de especies de cetáceos del ASO y OA .....	88
ANEXO B: Muestreo efectivo y avistajes acumulados por día.....	93
ANEXO C: Mapas de variables ambientales y derrotas realizadas en cada campaña .....	95



## AGRADECIMIENTOS

- A mi mamá por acompañarme, por motivarme a elegir la carrera, por bancarme psicológica y económicamente por largos años. Por apoyarme siempre a luchar por lo que amo. Por confiar en mí y sobre todo por ser la “mejor madre del mundo”.
- Al amor de mi vida “mi esposo”, quien me acompañó y postergó sus ideales para ayudarme; además de que estudió a la par mía todos y cada uno de los temas durante toda la carrera, y encima sufrió mis inseguridades y mis interminables ansiedades.
- A mis hermosos hijos Delfina y Ezequiel quienes además de no dejarme dormir ni estudiar, me dieron las fuerzas para luchar y terminar esta gran etapa, pero sin olvidar que lo más valioso de mi vida ya lo tenía junto a mí. Gracias por sus abrazos y besos cuando estudiaba.
- A mi tutora, Dra. Cecilia Passadore, quien me apoyó, y ayudó durante tantos años de trabajo. Quien me tuvo una paciencia enorme y me dedicó muchísimo tiempo de su vida.
- A Cecilia Passadore y a Mag. Maria Nube Szephegyi, directoras del Proyecto de donde se obtuvieron los datos para esta tesina. Gracias por confiar en mí y llevarme al viaje que cambió mi vida, y que amaré por siempre.
- A mis compañeros observadores de las distintas campañas: Cecilia, Maria Nube, Mag. Mariana Ríos, Mag. Micaela Trimble, Mag. Andrés Ligrone y Lic. Federico Reyes, quienes colectaron los datos aquí utilizados. Gracias a Cecilia, María Nube, Andrés y Fede por su compañía y enseñanzas durante el viaje y fuera de este.
- A mí abuelito que se fue; a mis tías Eli y Alba, y a mi primo Bruno, quienes estuvieron siempre y me brindaron tanto cariño.
- A mi padre y hermanita por acompañarme e incentivar a terminar.
- A mis compañeros del Proyecto Franciscana, quienes me dieron la oportunidad de investigar y de aprender muchísimo de ellos.
- Al grupo Cetáceos Uruguay por la oportunidad de crecer con ellos.
- Al Instituto Antártico por apoyar el Proyecto.
- A la Armada Nacional (Tripulación Vanguardia ROU 26, temporada 2010) por permitirme investigar.



## RESUMEN

El Océano Atlántico Sudoccidental (ASO) y el Océano Austral (OA), son sistemas altamente productivos. Especialmente las zonas de frentes oceanográficos y las aguas del Océano Austral durante el verano, sostienen elevada producción primaria y por consiguiente, organismos superiores de la trama trófica incluyendo depredadores tope como los cetáceos. Los cetáceos son importantes estructuradores de las comunidades marinas y su distribución está dada por los requerimientos de cada especie tales como, las condiciones ambientales. Este estudio analizó la ocurrencia de cetáceos en aguas del ASO y el OA en relación con variables ambientales. Se obtuvieron datos *in situ* de cetáceos durante cuatro campañas en verano (2006 – 2010) realizadas utilizando buques de la Armada Nacional uruguaya como plataformas de oportunidad. Se obtuvieron datos de temperatura superficial del mar, clorofila-a y distancia a frentes oceanográficos a partir de imágenes satelitales procesadas con la herramienta Marine Geospatial Ecology Tools en ArcGIS, y también de profundidad y distancia a la costa. En 245,93 horas de muestreo efectivo se cubrieron 2910,23 mn y se registraron 188 avistajes de cetáceos. Se identificaron tres especies de misticetos (ballena jorobada *Megaptera novaengliae*, sei *Balaenoptera borealis* y franca austral *Eubalaena australis*) y seis de odontocetos (delfín



oscuro *Lagenorhynchus obscurus*, austral *Lagenorhynchus australis* y nariz de botella *Tursiops truncatus*, tonina overa *Cephalorhynchus commersonii*, orca *Orcinus orca* y cachalote *Physeter macrocephalus*. Los mysticetos se encontraron principalmente en aguas frías, cerca del continente Antártico y en el Pasaje de Drake ocupando amplios rangos de profundidad; mientras que los odontocetos ocurrieron cerca de Sudamérica, sobre la plataforma continental (menos de 200 m de profundidad) y en aguas relativamente más templadas. La ballena jorobada fue la especie más avistada y se concentró en aguas costeras del Pasaje de Bransfield y Estrecho de Guerlache, donde existe elevada producción de krill durante el verano austral, el cual es su principal fuente de alimento. Tanto los delfines australes como las toninas overas se encontraron en aguas de elevada concentración de clorofila a: los delfines australes predominaron en la plataforma continental cerca de frentes oceanográficos y la tonina overa se restringió a aguas relativamente someras y costeras de los canales Fueguinos y Estrecho de Magallanes.

**Palabras clave:** delfines; ballenas; plataforma de oportunidad; sistema de información geográfica (SIG); variables ambientales.



## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1.** Área de estudio y derrotas del muestreo efectivo de cetáceos realizadas en las distintas campañas. Cada campaña se muestra a través de puntos de colores (2 puntos = 1 transecto): 2006-2007 en amarillo, 2008 en azul, 2009 en fucsia, y 2010 en verde. La profundidad se representa mediante el rango de grises.

**Figura 2. a)** ROU 26 Vanguardia, Campaña N°4. **b)** Observador Rosina Píriz.

**Figura 3.** Distribución de las especies avistadas por temporada y la profundidad de la zona. A través de los colores se identifican las especies (en caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible) y a través de las formas se indican las campañas. Se muestra la distribución de: **a)** delfines, y **b)** ballenas.

**Figura 4.** Diagrama de cajas donde se visualiza la profundidad en la que fueron avistadas las distintas especies de cetáceos (*Mn: Megaptera novaengliae*; *Bb: Balaenoptera borealis*; *Ea: Eubalaena australis*; *Pm: Physeter macrocephalus*; *Oo: Orcinus orca*; *La: Lagenorhynchus australis*; *Lo: Lagenorhynchus obscurus*; *Cc: Cephalorhynchus commersonii*; *Tt: Tursiops truncatus*) y de los transectos muestreados acumulados en todas las campañas. Se indica el número de avistajes y transectos (N) para los cuales se obtuvo el correspondiente valor de profundidad.

**Figura 5.** Mapas de clorofila-a donde se muestra la distribución de las especies avistadas (*Balaenoptera borealis*, *Cephalorhynchus commersonii*, *Eubalaena australis*, *Lagenorhynchus australis*, *Lagenorhynchus obscurus*, *Megaptera novaengliae*, *Orcinus orca*, *Physeter macrocephalus*, *Tursiops truncatus*) y, en caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie, se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible (*Balaenoptera* no Identificada, Cetáceo no Identificado, Delfín no Identificado y *Lagenorhynchus* sp.). El rango de clorofila-a ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) se observa a través de la graduación de los colores. Se muestra un panel por cada campaña: **a)** 2006-2007, **b)** 2008, **c)** 2009, y **d)** 2010.

**Figura 6.** Diagrama de cajas donde se visualizan los valores de clorofila-a ( $\text{mg.m}^{-3}$ ) del agua en la que fueron avistadas las distintas especies de cetáceos (*Mn: Megaptera novaengliae*; *Bb: Balaenoptera borealis*; *Ea: Eubalaena australis*; *Pm: Physeter macrocephalus*; *Oo: Orcinus orca*; *La: Lagenorhynchus australis*; *Lo: Lagenorhynchus obscurus*; *Cc:*



*Cephalorhynchus commersonii*; *Tt: Tursiops truncatus*) y de los transectos muestreados acumulados en todas las campañas. Se indica el número de avistajes y transectos (N) para los cuales se obtuvo el correspondiente valor de clorofila-a.

**Figura 7.** Mapas de temperatura superficial del mar donde se muestra la distribución de las especies avistadas (*Balaenoptera borealis*, *Cephalorhynchus commersonii*, *Eubalaena australis*, *Lagenorhynchus obscurus*, *Lagenorhynchus australis*, *Megaptera novaengliae*, *Orcinus orca*, *Physeter macrocephalus*, *Tursiops truncatus*) y, en caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie, se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible (*Balaenoptera* no Identificada, Cetáceo no Identificado, Delfín no Identificado y *Lagenorhynchus* sp.). El rango de temperatura (°C) se observa a través de la graduación de los colores. Se muestra un panel por cada campaña: **a)** 2006-2007, **b)** 2008, **c)** 2009, y **d)** 2010.

**Figura 8.** Diagrama de cajas donde se visualizan los valores de temperatura superficial del mar (°C) en la que fueron avistadas las distintas especies de cetáceos (*Mn: Megaptera novaengliae*; *Bb: Balaenoptera borealis*; *Ea: Eubalaena australis*; *Pm: Physeter macrocephalus*; *Oo: Orcinus orca*; *La: Lagenorhynchus australis*; *Lo: Lagenorhynchus obscurus*; *Cc: Cephalorhynchus commersonii*; *Tt: Tursiops truncatus*) y de los transectos muestreados acumulados en todas las campañas. Se indica el número de avistajes y transectos (N) para los cuales se obtuvo el correspondiente valor de temperatura.

**Figura 9.** Diagrama de cajas donde se visualizan los valores de distancia a la costa más cercana (tanto América del Sur como Antártida) para las distintas especies de cetáceos avistadas (*Mn: Megaptera novaengliae*; *Bb: Balaenoptera borealis*; *Ea: Eubalaena australis*; *Pm: Physeter macrocephalus*; *Oo: Orcinus orca*; *La: Lagenorhynchus australis*; *Lo: Lagenorhynchus obscurus*; *Cc: Cephalorhynchus commersonii*; *Tt: Tursiops truncatus*) y para los transectos muestreados acumulados en todas las campañas. Se indica el número de avistajes y transectos (N) para los cuales se obtuvo el correspondiente valor de distancia a la costa más cercana.

**Figura 10.** Mapas donde se muestra la localización de frentes oceanográficos (es decir, zonas donde la temperatura superficial del agua varía más de 1°C), la distribución de las especies avistadas (*Balaenoptera borealis*, *Cephalorhynchus commersonii*, *Eubalaena australis*, *Lagenorhynchus obscurus*, *Lagenorhynchus australis*, *Megaptera novaengliae*, *Orcinus orca*, *Physeter macrocephalus*, *Tursiops truncatus*)



y, en caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie, se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible (*Balaenoptera* no Identificada, Cetáceo no Identificado, Delfín no Identificado y *Lagenorhynchus* sp.). La ubicación de los frentes se representa con líneas de color verde. Se muestra un panel por cada campaña: **a)** 2006-2007, **b)** 2008, **c)** 2009, y **d)** 2010.

**Figura 11.** Diagrama de cajas donde se visualizan los valores de distancia al frente oceanográfico más cercano para las distintas especies de cetáceos avistadas (*Mn: Megaptera novaengliae*; *Bb: Balaenoptera borealis*; *Ea: Eubalaena australis*; *Pm: Physeter macrocephalus*; *Oo: Orcinus orca*; *La: Lagenorhynchus australis*; *Lo: Lagenorhynchus obscurus*; *Cc: Cephalorhynchus commersonii*; *Tt: Tursiops truncatus*) y para los transectos muestreados acumulados en todas las campañas. Se indica el número de avistajes y transectos (N) para los cuales se obtuvo el correspondiente valor de distancia al frente oceanográfico más cercano.

**Figura 12.** Análisis de Componentes Principales (ACP), se muestra la distribución de los avistamientos en las dos primeras componentes (1 y 2). Las variables correlacionadas fueron profundidad, concentración de clorofila-a (Clo-a), temperatura superficial del mar (SST), distancia a costa y distancia a frente oceanográfico. Se presentan por separado los ACP realizados para: **a)** Mysticetos; **b)** Odontocetos. Los puntos de colores indican la distribución de los avistajes de cada especie.

## LISTA DE TABLAS

**Tabla 1.** Esfuerzo de muestreo efectivo, presentado en número de días, horas y millas náuticas (mn). Además se indica el número total de avistajes efectivos y la frecuencia de los mismos (N° avistajes/mn). Se muestran los valores acumulados para cada una de las cuatro campañas realizadas y el total de éstas sumadas.

**Tabla 2.** Valores diarios de esfuerzo de muestreo efectivo, presentado en horas y millas náuticas, número total de avistajes efectivos y frecuencia de los mismos. Se muestra el rango de valores, la media y el desvío estándar por día para cada campaña.

**Tabla 3.** Se listan las especies de cetáceos observadas indicando el número de avistamientos (N) y la frecuencia de avistajes (FA = número de avistajes/ millas náuticas) durante el muestreo efectivo para las cuatro campañas realizadas. En caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible.



**Tabla 4.** Número de avistamientos totales acumulados (N) en las cuatro campañas realizadas y tamaños de grupo (rango, mediana, media y desvío estándar) de todas las especies avistadas. En caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible.

**Tabla 5.** Distancia a la costa y distancia al frente oceanográfico más cercano, de los avistajes de cetáceos (Bb: *Balaenoptera borealis*, Cc: *Cephalorhynchus commersonii*, Ea: *Eubalaena australis*, La: *Lagenorhynchus australis*, Lo: *Lagenorhynchus obscurus*, Mn: *Megaptera novaengliae*, Oo: *Orcinus orca*, Pm: *Physeter macrocephalus*, Tt: *Tursiops truncatus*, BnoI: Balaenoptera no Identificada, CnoI: Cetaceo no Identificado, DnoI: Delfín no Identificado y Lsp.: *Lagenorhynchus sp.*) realizados durante el muestreo efectivo. Siendo las costas más cercanas América del Sur o Antártida y los frentes identificados por un número a lo largo de la tabla.

**Tabla 6.** Matriz de componentes: Relaciones entre las variables ambientales y la ocurrencia de las especies avistadas en Mysticetos (*Balaenoptera borealis*, *Eubalaena australis*, *Megaptera novaengliae*, y Balaenoptera no Identificada) y Odontocetos (*Cephalorhynchus commersonii*, *Lagenorhynchus obscurus*, *Lagenorhynchus australis*, *Orcinus orca*, *Physeter macrocephalus*, *Tursiops truncatus*, *Lagenorhynchus sp.* y Delfín no Identificado). Las variables proporcionadas con mayor variación en el estudio se indican en negrita. N indica el número de avistamientos en los que había al menos un individuo presente teniendo en cuenta todas las campañas juntas (2006-2007, 2008, 2009 y 2010).



## INTRODUCCIÓN

Los cetáceos habitan casi todos los ambientes marinos del mundo (Perrin et al., 2002; Bastida et al., 2003; Berta, 2015). Actualmente se reconocen 89 especies del Orden Cetácea, las cuales se dividen en 14 especies del Suborden Mysticeti (misticetos, cetáceos con barbas o ballenas) y 75 del Suborden Odontoceti (odontocetos o cetáceos con dientes) (Committee on Taxonomy, 2018). En el Océano Atlántico Sudoccidental (ASO) y el Océano Austral (OA) se encuentran 39 especies de cetáceos, comprendiendo 9 especies de misticetos y 30 de odontocetos (Bastida et al., 2003).

Algunas zonas del ASO y el OA son sistemas muy ricos dada la enorme producción primaria y secundaria generada anualmente (Olson & Backus, 1985; Acha et al., 2004; Romero et al. 2006). Esto es debido a múltiples características ambientales que intervienen, tales como, el aporte de nutrientes a través de corrientes superficiales o surgencias, confluencias de corrientes o zonas de afloramientos donde ocurren los frentes oceanográficos (Acha et al., 2004; Romero et al. 2006). Los frentes son sectores del océano donde ocurren pronunciados cambios en la temperatura o salinidad debido al encuentro de corrientes horizontales y verticales, allí se mezclan y se elevan a la superficie los nutrientes disueltos provenientes de aguas profundas (Acha et al., 2004). En dichos frentes se han encontrado aumentos significativos de clorofila-a (Strass et



al., 2002), lo cual indicaría zonas de elevada abundancia de fitoplancton. Consecuentemente, a estas se asocia mayor concentración de zooplancton y también mayores concentraciones de grandes predadores (Jungblut et al., 2017).

Los grandes depredadores tope, como en el caso de algunos cetáceos, cumplen un rol importante en la estructuración de las comunidades marinas y el funcionamiento del ecosistema pelágico (Merrick, 1997; Croll et al., 1998). Por ejemplo, el efecto que tienen las ballenas en el ciclo de los oligoelementos en el Océano Austral. La ballenas se alimentan del krill que concentra y retiene los elementos en la capa superficial y luego, mediante la defecación, los liberan al océano (Ratnarajah et al., 2014). Las heces ricas en hierro de las ballenas azules (adultas no reproductoras), por ejemplo, estimulan la productividad primaria en el Océano Austral a tal nivel que se genera una mayor producción de krill del que se requiere para mantener el consumo de esta especie (Lavery et al., 2014).

En general, la distribución de los cetáceos se encuentra relacionada a variables ambientales (por ejemplo, temperatura superficial, concentración de clorofila, presencia de frentes), a la batimetría de los océanos y especialmente a la abundancia de sus presas (Rossi-Santos et al., 2006; Bost, 2009; Zerbini et al., 2016; Retana & Lewis, 2017). Por ejemplo, se ha demostrado que existe una correlación positiva entre la concentración



de clorofila-a y la abundancia de zooplancton, específicamente de krill (*Euphausia superba*) durante el verano en el Océano Austral (Atkinson et al., 2004). A su vez, también se ha encontrado una marcada relación positiva entre la abundancia de krill y las ballenas (Lavery et al., 2014; Ratnajah et al., 2014, Willis, 2014). La abundancia de krill es muy variable entre diferentes zonas debido a la presencia de diversas corrientes, sistemas de giros, frentes y remolinos asociados que tienen una muy compleja interrelación (Nicol, 2015). En relación a esto, varios estudios han mostrado que las variaciones espacio-temporales en la distribución de las distintas especies de krill están relacionadas con las variaciones en la distribución de sus depredadores tales como la ballena jorobada (Leaper et al., 2008; Curtice et al., 2015).

Particularmente, la distribución de las ballenas varía espacial y temporalmente dentro de un ciclo anual entre zonas de alimentación y de cría o reproductiva, y éstas deben realizar grandes migraciones para acceder de una a otra zona (Hoelzel, 1998). Las zonas de alimentación son ricas en nutrientes y con alta productividad primaria, donde las ballenas pueden saciar sus requerimientos energéticos. Los nutrientes en los océanos se encuentran en bajas proporciones en la capa iluminada, pero en grandes proporciones en los fondos marinos. El ecosistema marino mantiene un cierto equilibrio mediante el transporte vertical de organismos y de materiales orgánicos (Acha et al., 2015).



En el Océano Austral los niveles de biomasa varían estacionalmente de forma notoria. Durante el verano austral, la mayor disponibilidad de luz sumada a los vientos y al aumento de la temperatura superficial del mar promueven procesos de fusión del hielo, esto permite un rápido crecimiento del fitoplancton, que da lugar al aumento de la producción primaria (Eveleth et al., 2017; Arrigo et al., 2008). Estas zonas altamente productivas sirven de áreas de alimentación para muchas ballenas. Por ejemplo, la ballena franca austral (*Eubalaena australis*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaengliae*) en temporada de verano se trasladan hacia latitudes altas para alimentarse, mientras que migran hacia los trópicos (latitudes bajas) para reproducirse y parir durante el invierno (Stevick et al., 2004; Zerbini et al., 2006; Johnston et al., 2007; Shirihai et al., 2015).

Por otro lado, los cetáceos Odontocetos poseen diferentes requerimientos ambientales que las ballenas. Por ejemplo, el delfín cruzado (*Lagenorhynchus cruciger*), tiene distribución subantártica y antártica (entre los 40° y los 68°S). Esta especie ocurre al sur del frente Polar cerca de la Corriente Circumpolar Antártica, en el Pasaje de Drake, donde existen encuentros de aguas con diferente temperatura y grandes profundidades (Bastida et al., 2003; Santora, 2012; Shirihai et al., 2015).

Para analizar la distribución y uso de hábitat de los animales marinos se ha hecho cada vez más frecuente el uso de Sistemas de Información



Geográfica (SIG) (Laidre et al., 2010; Opper et al., 2012; Becker et al., 2014; Bombosch et al. 2014; Retana & Lewis, 2017), debido a la gran facilidad que éstos brindan a la hora de integrar diferentes fuentes de información, ya sean variables ambientales, parámetros físicos y la presencia de los animales. Así mismo, los SIGs resultan muy útiles para los análisis paramétricos y no paramétricos. Pueden ser cargados como una extensión bajo múltiples plataformas de sistemas operativos y con una infinidad de herramientas (Hooge et al., 2000). Así como también, cada vez es más común utilizar información satelital sobre clorofila y temperatura superficial para identificar frentes y zonas productivas (e.g. Romero et al., 2006), para luego relacionarlas con la presencia de cetáceos (Moraes et al., 2004; Opper et al., 2012; Becker et al., 2014; Bombosch et al. 2014), lo cual es de gran utilidad especialmente cuando no se cuenta con información *in situ* de este tipo de variables.

En este trabajo se utilizaron datos de ocurrencia de cetáceos colectados durante cuatro campañas a bordo de buques de oportunidad en el ASO y el Océano Austral en su trayecto desde Montevideo hasta la base Antártica en la Isla Rey Jorge. Los datos se incorporaron en un SIG para realizar las asociaciones entre las ubicaciones de los avistamientos y las variables ambientales (Laidre et al., 2010; Opper et al., 2012; Becker et al., 2014; Bombosch et al. 2014; Retana & Lewis, 2017). Estas últimas fueron obtenidas a través de imágenes satelitales (Williams et al., 2006)



utilizando las herramientas de Marine Geospatial Ecology Tools (MGET) en ArcGIS.

### **Hipótesis**

El ASO y OA son sistemas altamente productivos. En las zonas de mayor productividad primaria, incluyendo los frentes oceanográficos), se encuentra mayor concentración de consumidores primarios y de organismos superiores de la trama trófica. La distribución de las distintas especies de cetáceos está dada según las condiciones oceanográficas locales, sus requerimientos específicos y los de sus presas. Las características oceanográficas (temperatura, clorofila-a, profundidad y distancia de la costa) y la presencia de frentes, determinarán la distribución de cetáceos y dónde se encontrarán mayor número de avistamientos, respectivamente.

### **Objetivo general**

Analizar la distribución de cetáceos en aguas antárticas y subantárticas en relación a variables ambientales.

### **Objetivos específicos**

- 1) Analizar el número de avistamientos en relación con el esfuerzo de observación.



- 2) Analizar la distribución de cetáceos observados durante las campañas 2006-2007, 2008, 2009 y 2010.
- 3) Explorar la asociación entre las distintas especies de Odontocetos y Mysticetos y las variables ambientales (temperatura superficial del mar, concentración de clorofila-a, profundidad, distancia de la costa y la distancia a frentes oceanográficos).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

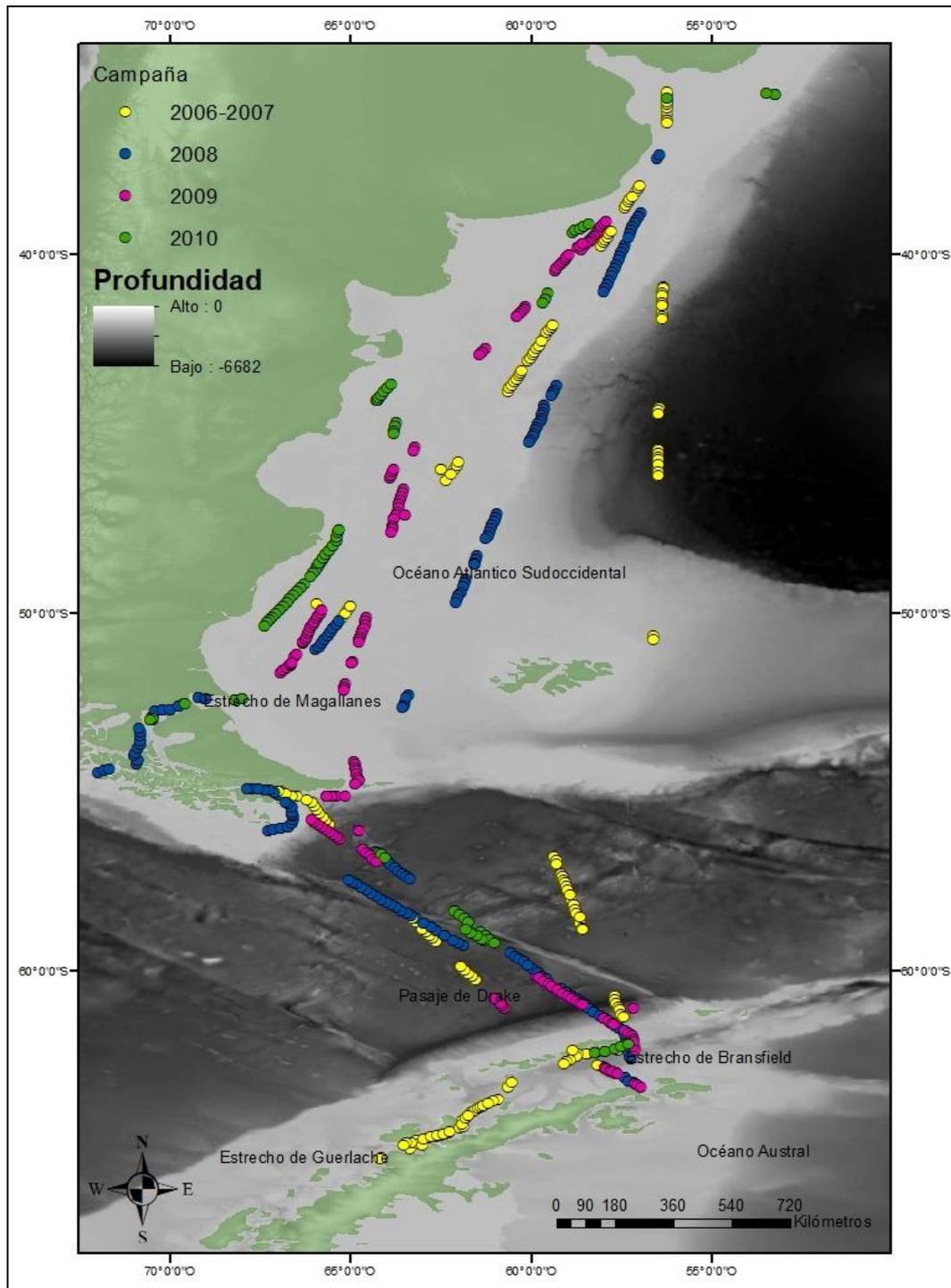
El área de estudio comprende aguas del Océano Atlántico Sudoccidental (ASO) y Océano Austral, incluyendo el Estrecho de Magallanes, Pasaje de Drake, Estrecho de Bransfield y Estrecho de Guerlache (Figura 1). Se utilizaron buques de la Armada Nacional Uruguaya como plataforma de oportunidad para obtener datos para este estudio, dado que recorren dichas aguas desde el Puerto de Montevideo ( $34^{\circ}54'15,13''S$  y  $56^{\circ}12'32,67''O$ ) hasta la Base Científica Antártica Artigas (BCAA) ( $62^{\circ}11'06,00''S$  y  $58^{\circ}54'17,44''O$ ) en la Isla Rey Jorge.



### ***Océano Atlántico Sudoccidental***

Fuera del margen continental de América del Sur, aproximadamente entre los 32 y 36 °C, cerca de la isóbata de 50m, se encuentran las Corrientes de Brasil (subtropical, con un rango de temperatura superficial que varía entre los 14 y 25 °C) y de Malvinas (subantártica, con temperatura superficial que oscila entre 4 y 11 °C) formando la denominada Convergencia Brasil-Malvinas o Subtropical-Subantártica (Reid et al., 1977; Olson et al., 1988; Bastida et al., 2003). En la zona de convergencia, la temperatura superficial del mar oscila entre los 19 - 20 °C al norte y entre 8 - 9 °C al sur (Brandini et al., 2000). Ambas corrientes tienen circulación con flujos inversos en aguas abiertas (Acha et al., 2004). En la zona de confluencia de éstas corrientes durante el verano se observan afloramientos de nutrientes, por lo que aumenta la productividad en dicha zona (Boltovskoy et al., 1999); coincidiendo la máxima clorofila-a con el máximo gradiente de temperatura superficial del mar (Barré et al., 2006).





**Figura 1.** Área de estudio y derrotas del muestreo efectivo de cetáceos realizadas en las distintas campañas. Cada campaña se muestra a través de puntos de colores (2 puntos = 1 transecto): 2006-2007 en amarillo, 2008 en azul, 2009 en fucsia, y 2010 en verde. La profundidad se representa mediante el rango de grises.



Desde la zona de confluencia hasta los 50° S, existe un frente de talud termohalino a lo largo de la costa Atlántica sudamericana, donde se encuentra el quiebre de la plataforma Argentina. Aquí ocurre la transición entre aguas de la plataforma continental y de la corriente de Malvinas, generándose gran mezcla vertical por el ascenso a la superficie de aguas ricas en nutrientes, sobre todo en los meses de invierno, y por consecuencia se genera una mayor producción primaria (Boltovskoy et al., 1999; Acha et al., 2004; Romero, 2009). A pesar de la variación interanual, la ubicación geográfica de las floraciones de fitoplancton son relativamente estables y coinciden con las áreas frontales (Acha et al., 2004).

La Corriente de Malvinas tiene el límite más septentrional aproximadamente entre los 40° y los 55° S, donde confluye con la Corriente Circumpolar Antártica (CCA) (con temperaturas que oscilan entre 2 y 6 °C). Dicha zona es denominada Frente Polar o Frente Malvinas-Circumpolar Antártico (Reid et al., 1977, Olson et al., 1988). Este frente se encuentra relacionado íntimamente con la geología de la zona, por lo cual es temporalmente predecible y estable en el espacio. A su vez, se encuentra regulado por las corrientes, los vientos, las mareas, la salinidad y la temperatura superficial del mar (SST) (Piola & Falabella, 2009).



## ***Océano Austral***

En el Océano Austral se destacan los fuertes vientos, las bajas temperaturas y la dinámica del hielo marino (Rodrigo, 2008). Este océano se encuentra limitado al norte por el Frente Polar y al Sur por el continente Antártico. En esta zona se encuentra la CCA que circula de oeste a este, y la corriente costera antártica que fluye hacia el oeste. La CCA transporta agua intermedia y profunda entre los océanos Pacífico, Atlántico e Índico (Orsi et al., 1995; Rodrigo, 2008). Entre los 50° y 55° S la temperatura superficial es de 6 °C, y unos pocos kilómetros hacia el sur la SST disminuye hasta aproximadamente los 2 °C (Brandini et al., 2000). En los frentes oceanográficos es donde se dan los mayores encuentros de especies fitoplanctónicas, consumidores primarios, secundarios y terciarios, determinando así sus distribuciones (Jungblut et al., 2017). Por otro lado, en el ecosistema polar el movimiento de los hielos marinos regula los factores ambientales, como son la luz, la temperatura y los nutrientes determinando así la producción del fitoplancton (Smith et al., 2001; Nicol et al., 2008).

## **Obtención y análisis de datos**

La colecta de datos fue realizada entre los años 2006 y 2010 durante cuatro campañas de investigación del Proyecto “Distribución de Cetáceos



en el Océano Austral y el Océano Atlántico Sudoccidental”, a cargo de la Dra. Cecilia Passadore y la Mag. María Nube Szephegyi pertenecientes al grupo Cetáceos Uruguay. Este proyecto se realizó con el apoyo del Instituto Antártico Uruguayo, siendo parte de su Programa Científico Antártico, contó con el aval institucional de la Facultad de Ciencias, y fue parte del Proyecto "Censo De Vida Antártica Marina" (CAML por sus siglas en inglés) enmarcado en el Año Polar Internacional durante los años 2007-2009. Durante este período, el CAML y específicamente su Consorcio Latinoamericano (OLA CAML), contribuyeron a la formación de recursos humanos en investigación antártica, y coordinaron y promovieron la investigación sobre biodiversidad antártica.

Las campañas fueron realizadas de forma consecutiva, una vez por año, durante los veranos australes de duración aproximadamente un mes cada una (Tabla A1) a bordo de los buques ROU 26 Vanguardia (Figura 2a) y ROU 04 Artigas.



**Figura 2. a)** ROU 26 Vanguardia, Campaña N°4. **b)** Observador Rosina Píriz.



Los buques fueron utilizados como plataformas de oportunidad para la obtención de datos, siguiendo la metodología de transecta lineal (Distance Sampling). Esta metodología consiste en la observación y búsqueda de cetáceos a ojo descubierto y mediante el uso de binoculares reticulados (modelo Tasco Offshore 7x10) desde el puente alto de Navegación (H= 13m en el Buque ROU 04 y H= 8m en el Buque ROU 26) (Buckland et al., 1993; Lerczak et al., 1998; Perrin et al., 2002). En la campaña 2006-2007 participaron dos investigadores (Tabla A1), mientras uno llevaba el registro en planillas, el otro observaba; cubriendo así sólo una de las bandas del buque. La posición entre observador y planillero se rotó cada 30 min. En las subsecuentes campañas se contó con 4 a 5 observadores (Tabla A1). Donde mientras dos ocupaban puestos de observación, uno en cada banda del buque cubriendo en total un arco de 180° del horizonte, otro llevaba el registro en planillas y el cuarto investigador se mantenía en descanso. Se rotaban los puestos cada 30 min. El muestreo fue realizado durante las horas de luz y siempre que los buques estuviesen navegando. Para todas las campañas se consideró “esfuerzo efectivo” cuando las condiciones de visibilidad fueran moderadas a buenas (visibilidad > 2mn; sin niebla, ni lluvia, ni nieve) y el estado del mar fuera óptimo (Beaufort < 6). En cada avistamiento se registró la posición geográfica del buque con GPS, la distancia en retículas con binoculares, el ángulo con compás, el tamaño de grupo y se identificó la especie siempre que fuera posible.



Los datos obtenidos *in situ* fueron cargados en un Sistema de Información Geográfica (SIG) utilizando el programa ArcGis 10.5. A través de este programa se extrajo información ambiental y física de diferentes Bases Científicas las cuales se integraron con los datos colectados *in situ*. Se utilizó la herramienta Marine Geospatial Ecology Tools (MGET), para obtener imágenes satelitales de temperatura superficial y de clorofila-a correspondientes al periodo de estudio. Todas las imágenes tuvieron resolución espacial de 4 km y temporal de 8 días promediados. Las imágenes se obtuvieron de la colección publicada por NASA Jet Propulsion Laboratory (JPL) Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC), que incluye imágenes de SST colectadas por el Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) transmitido por los satélites Terra y Aqua, perteneciente a la NASA Goddard Space Flight Center (GSFC) Ocean Color Group. A su vez, la profundidad de los Océanos se obtuvo a partir de la base General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO). Los frentes oceanográficos se determinaron a través de las imágenes SST MODIS de nivel 3 publicadas por NASA JPL PO.DAAC, utilizando el algoritmo de detección de bordes de una sola imagen (SIED) de (Cayula & Cornillon, 1992; Cayula & Cornillon, 1995). El cual reemplaza la falta de píxeles, por ejemplo, cuando tenemos nubes con un algoritmo (Pozo et al., 1998). Para detectar los frentes se busca la separación de dos regiones a través del cambio de temperatura (Cayula &



Cornillon; 1992; Ullman & Cornillon, 2000), en este caso el valor seleccionado para detectar la presencia de frente fue de 1 °C.

Las distancias desde los avistamientos a la costa y a los frentes se obtuvieron estimando la Distancia Euclidiana, la cual calcula la distancia de un punto indicado al origen más cercano.

Los patrones de distribución de especies se analizaron a través del mapeo de los datos de presencias de cetáceos en ArcGis. Para visualizar los patrones de distribución en relación a las variables de interés, se generaron mapas donde se plotearon los avistamientos de cetáceos para cada una de las campañas y cada una de las variables consideradas. Luego, para describir la ocurrencia de cetáceos en relación a las variables ambientales propuestas (profundidad, SST, clorofila-a, distancia a la costa y distancia a los frentes oceanográficos), se plotearon los datos utilizando diagramas de cajas con bigotes. Estos diagramas son una representación visual de los datos, donde se describen la dispersión y la simetría de estos. Para realizar éste diagrama se calculan y representan los tres cuartiles: primer, segundo o mediana y el tercer. Así como también se estiman y se ubican en el diagrama los valores mínimo, máximo y los valores atípicos (outliers) si existen, para el caso estudiado. Entre el valor mínimo y el 1<sup>er</sup> cuartil se encuentran al igual que entre el tercer cuartil y el valor máximo, el 25% de los datos en cada caso. Por otro lado, el 50% de los datos se encuentra entre el 1<sup>er</sup> y el 3<sup>er</sup> cuartil. Por esto el 1<sup>er</sup> cuartil es



también el Percentil 25 y el 3<sup>er</sup> cuartil el Percentil 75 respectivamente (Ballesteros, 2015; Mun, 2015). Estos diagramas se realizaron utilizando el programa R version 3.5.1 (R Core Team, 2018).

Finalmente, se hicieron análisis multivariados para determinar la correlación entre todas las variables ambientales y la ocurrencia de los cetáceos avistados en todas las campañas. Esto se realizó a través de Análisis de Componentes Principales (ACP) utilizando el programa PAST versión 3.22 (Hammer et al. 2001). Para facilitar la interpretación del análisis, se corrieron por separado dos ACP, uno agrupando todas las especies de misticetos y otro las de odontocetos. Los valores de las variables ambientales fueron previamente estandarizados dadas las diferentes unidades de medición. Además, la estandarización permite poder comparar los valores entre las distintas campañas. El ACP correlaciona las variables con los avistajes, y sin perder información nos entrega nuevos Componentes Principales (CP) no correlacionados. Los CP se organizan de acuerdo a la varianza original que describen los datos obtenidos inicialmente, a la vez que se reduce la dimensionalidad del conjunto de datos. Donde el primer Componente Principal (CP1) será el que tenga mayor información incorporada y mayor varianza de los datos, y luego le seguirán el segundo componente (CP2), tercero (CP3), etc. Así mismo se entiende que con menor número de componentes se podrá explicar la variabilidad de la globalidad de los datos, siempre y cuando no



estén totalmente intercorrelacionadas las variables, ya que los nuevos componentes coincidirían con las variables originales. Este análisis es considerado un método de reducción de los datos y ha sido ampliamente utilizado para análisis ecológicos de este tipo (Wold et al., 1987; Clarke & Warwick, 1991; Jolliffe, 2005; De La Fuente, 2011; Orgeira et al., 2017).



## RESULTADOS

### Presencia y distribución de cetáceos

Se analizó la presencia y distribución de los cetáceos observados durante las campañas de acuerdo a las especies encontradas y a las millas náuticas recorridas. En las cuatro campañas de muestreo realizadas durante los veranos australes entre 2006 y 2010, se realizaron un total de 59 días de muestreo, totalizando 245,93 horas de muestreo efectivo. Durante el muestreo efectivo se recorrieron un total de 2910,23 mn y se registraron 188 avistajes de cetáceos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Esfuerzo de muestreo efectivo, presentado en número de días, horas y millas náuticas (mn). Además se indica el número total de avistajes efectivos y la frecuencia de los mismos (N° avistajes/mn). Se muestran los valores acumulados para cada una de las cuatro campañas realizadas y el valor total.

Campañas	Esfuerzo efectivo total			Número de avistajes	Frecuencia de avistajes (N° avistajes/mn)
	Número de días	Horas (en decimal)	Millas náuticas		
<b>2006-2007</b>	21	77,85	841,683	72	0,086
<b>2008</b>	13	79,40	1019,801	63	0,062
<b>2009</b>	13	57,90	627,532	29	0,046
<b>2010</b>	12	30,78	421,213	24	0,057
<b>TOTAL</b>	<b>59</b>	<b>245,93</b>	<b>2910,230</b>	<b>188</b>	<b>0,065</b>

El mayor esfuerzo efectivo en horas y en millas náuticas fue registrado en la campaña 2008, pero el mayor número de días de muestro y de avistajes se obtuvo en la campaña 2006-2007 (Tabla 1). Esto influyó en



que la mayor frecuencia de avistajes sea en la campaña 2006-2007. En contraste, podemos observar cómo en la campaña 2010 se realizó el menor esfuerzo efectivo, tanto en horas como en millas náuticas, además de que se obtuvo el menor número de avistajes. Se observó gran variación en la frecuencia de avistajes acumuladas por campaña. Como se muestra en la Tabla 1, el valor acumulado de la frecuencia para 2006-2007 casi duplica el valor de la campaña de 2009 donde se realizaron 29 avistajes en 627,5 mn.

Analizando los valores diarios de esfuerzos efectivos en horas y en millas náuticas para cada campaña, se encontró que en 2008 los valores medios y máximos fueron superiores respecto a las otras campañas (Tabla 2). Por el contrario, la campaña con los menores valores medios por día en horas de esfuerzo efectivo y en millas náuticas fue la de 2010 (Tabla 2).

Estudiando el número de avistajes por día encontramos que los valores máximos ocurrieron en la campaña de 2008, al igual que el número medio de avistajes diarios (Tabla 2). Por el contrario, en la temporada de 2010 se observaron para los mismos parámetros valores menores. La campaña 2006-2007 frente a las demás se destacó dado que presentó la mayor frecuencia media y máxima de avistajes diarios (Tabla 2).



**Tabla 2.** Valores diarios de esfuerzo de muestreo efectivo, presentado en horas y millas náuticas, número total de avistajes efectivos y frecuencia de los mismos. Se muestra el rango de valores, la media y el desvío estándar por día para cada campaña.

Campañas	Esfuerzo efectivo								Número de avistajes por día			Frecuencia de avistajes diarios (N° avistajes/ mn)				
	Horas				Millas náuticas											
	Rango		Media	Desvío estándar	Rango		Media	Desvío estándar	Rango		Media	Desvío estándar	Rango		Media	Desvío estándar
	Min	Max			Min	Max			Min	Max			Min	Max		
<b>2006-2007</b>	0,40	9,02	3,71	2,27	3,3	100,7	40,1	26,4	0,00	15,00	3,4	4,55	0,00	0,37	0,086	0,102
<b>2008</b>	0,52	10,95	6,11	3,24	6,4	140,0	78,4	41,4	0,00	16,00	4,8	5,06	0,00	0,21	0,059	0,058
<b>2009</b>	1,23	9,90	4,45	2,46	13,5	111,5	48,3	28,1	0,00	7,00	2,3	2,36	0,00	0,21	0,050	0,057
<b>2010</b>	0,78	8,60	2,57	2,20	7,8	117,5	35,1	31,1	0,00	9,00	2,0	2,63	0,00	0,20	0,056	0,061
<b>TOTAL</b>	0,40	10,95	4,17	2,75	3,3	140,0	49,3	34,7	0,00	16,00	3,2	4,00	0,00	0,37	0,066	0,077



Durante los 21 días de la campaña 2006-2007, se realizaron 77,85 hs. de muestreo efectivo, se identificaron 5 especies y 2 grupos (Misticetos y Odontocetos) hasta el nivel taxonómico de género (Tabla 3). Observando los registros diarios de esta campaña, se destaca que el mayor número de avistajes ocurrió en el mes de enero de 2007 (15, 13 y 13 avistajes los días 2, 6 y 14, respectivamente) (Tabla B1).

En la campaña de 2008, el muestreo efectivo se realizó en 13 días del mes de enero y consistió en 79,40 hs. en total (Tabla B2). Se observaron 6 especies y 4 grupos de mamíferos marinos no identificados (Tabla 3). La mayor cantidad de avistajes fueron 16 y 14, y se registraron los días 12 y 15 de enero con un total de 132,4 y 66,9 mn recorridas, respectivamente (Tabla B2).

Se realizaron un total de 57,90 hs. en 13 días de muestreo efectivo durante la campaña 2009. Se lograron identificar 4 especies y se reportaron 4 grupos hasta el nivel de género (Tablas 3 y B3). En comparación con las campañas anteriores, el número de avistajes diarios para esta campaña fue menor, ya que la mayor cantidad de avistajes no superó los 7 grupos por día, los cuales se registraron el 9 de febrero (Tabla B3).

En la campaña del 2010, se realizaron un total de 30,78 hs. de muestreo efectivo distribuidas en 12 días, registrándose 5 especies y 4 grupos de



ballenas y delfines no identificados (Tabla 3 y B4). Durante la campaña de 2010 sólo hubo un día (10 de enero) donde se recorrió gran cantidad de millas náuticas en relación al resto de los días (117,5 mn) y el número de avistajes fue el máximo (n = 9; Tabla B4).

**Tabla 3.** Se listan las especies de cetáceos observadas indicando el número de avistamientos (N) y la frecuencia de avistajes (FA = número de avistajes/ millas náuticas) durante el muestreo efectivo para las cuatro campañas realizadas. En caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible.

Especies	2006-2007		2008		2009		2010		Total	
	N	FA	N	FA	N	FA	N	FA	N	FA
<i>Balaenoptera borealis</i>	7	0,008	7	0,007	0	0,000	3	0,007	17	0,006
<i>Eubalaena australis</i>	5	0,006	0	0,000	0	0,000	0	0,000	5	0,002
<i>Megaptera novaengliae</i>	30	0,036	19	0,019	4	0,007	3	0,007	56	0,019
<i>Balaenoptera no identificada</i>	22	0,026	8	0,008	7	0,011	4	0,010	41	0,014
<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	0	0,000	7	0,007	0	0,000	2	0,005	9	0,003
<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	0	0,000	1	0,001	0	0,000	0	0,000	1	0,000
<i>Lagenorhynchus australis</i>	4	0,005	6	0,006	7	0,011	4	0,010	21	0,007
<i>Orcinus orca</i>	1	0,001	0	0,000	2	0,003	1	0,002	4	0,001
<i>Physeter macrocephalus</i>	0	0,000	1	0,001	0	0,000	0	0,000	1	0,000
<i>Tursiops truncatus</i>	0	0,000	0	0,000	1	0,002	0	0,000	1	0,000
Cetáceo no identificado	0	0,000	4	0,004	1	0,002	2	0,005	7	0,002
Delfín no identificado	3	0,004	3	0,003	3	0,005	2	0,005	11	0,004
<i>Lagenorhynchus sp.</i>	0	0,000	7	0,007	4	0,007	3	0,007	14	0,005
<b>Total</b>	<b>72</b>	<b>0,086</b>	<b>63</b>	<b>0,063</b>	<b>29</b>	<b>0,047</b>	<b>24</b>	<b>0,058</b>	<b>188</b>	<b>0,065</b>



Analizando los avistajes de las cuatro campañas, se encontró que de los 188 avistajes realizados durante el muestreo efectivo, 120 correspondieron a ballenas. Los delfines más avistados fueron los del género *Lagenorhynchus*, especialmente los delfines australes (*L. australis*, Tabla 3). Las especies que fueron avistadas en todas las campañas fueron el delfín austral y la ballena jorobada, siendo esta última la especie con el mayor número (N = 56) y frecuencia de avistaje acumulado (0,019 avistajes/mn; Tabla 3).

Al analizar los avistajes por especie y por temporada, se destaca que en las temporadas 2006-2007 y 2008 la ballena jorobada presentó los mayores valores acumulados de frecuencia de avistaje (0,036 y 0,019 avistajes/mn, respectivamente), seguidas de las ballenas del género *Balaenoptera* (0,026 y 0,008 avistajes/mn, respectivamente) (Tabla 3). Por otro lado, en las temporadas 2009 y 2010 se obtuvo mayor frecuencia de avistajes de los delfines australes (0,011 y 0,010 avistajes/mn, respectivamente) y de grupos del género *Balaenoptera*, seguidas en menor proporción por la ballenas jorobadas y sei (*Balaenoptera borealis*), y por delfines del género *Lagenorhynchus*.

Con respecto a los tamaños de grupo, las especies con la mayor cantidad de individuos fueron las toninas overas (media = 16, DS = 37,4, N = 9) y los delfines oscuros (media = 100, DS = 0, N = 1), pero estos últimos



fueron avistados una sola vez. Los delfines australes también fueron avistados en grupos numerosos, habiéndose reportado un grupo de 60 individuos (Tabla 4).

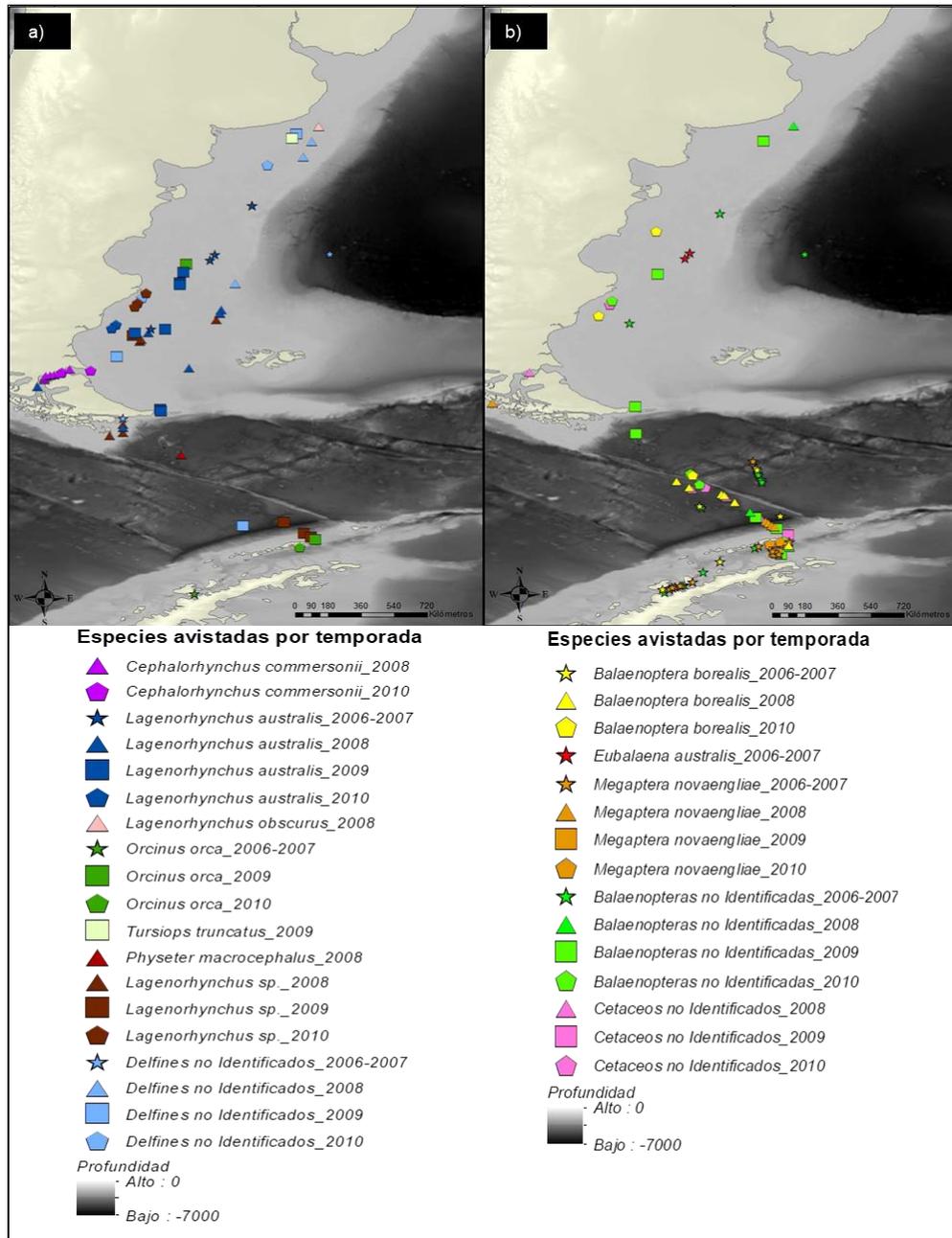
**Tabla 4.** Número de avistamientos totales acumulados (N) en las cuatro campañas realizadas y tamaños de grupo (rango, mediana, media y desvío estándar) de todas las especies avistadas. En caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible.

Especies avistadas	N	Tamaño de grupo				
		Rango		Mediana	Media	Desvío Estándar
		Min	Max			
<i>Balaenoptera borealis</i>	17	1	8	2	3	2,193
<i>Eubalaena australis</i>	5	1	7	1	3	3,464
<i>Megaptera novaengliae</i>	56	1	17	4	5	3,864
<i>Balaenoptera no identificada</i>	41	1	10	2	2	1,912
<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	9	1	115	1	16	37,436
<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	1	100	100	*	100	*
<i>Lagenorhynchus australis</i>	21	1	60	3	6	13,083
<i>Orcinus orca</i>	4	3	15	6	8	5,260
<i>Physeter macrocephalus</i>	1	1	1	1	1	*
<i>Tursiops truncatus</i>	1	7	7	7	7	*
Cetáceo no identificado	7	1	5	2	2	1,496
Delfín no identificado	11	1	8	2	3	2,573
<i>Lagenorhynchus sp.</i>	14	1	35	3	6	8,564
<b>Total</b>	<b>188</b>	<b>1</b>	<b>115</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>13,317</b>

Analizando los mapas de distribución de las especies avistadas, se observa que los delfines se distribuyen mayormente sobre el continente americano, en zonas de profundidad relativamente baja; a diferencia de las ballenas que fueron avistadas mayormente sobre el Pasaje de Drake y sobre el continente antártico, en aguas más profundas (Figura 3). Se



destaca que las toninas overas fueron identificadas únicamente en los canales fueguinos (Figura 3a).



**Figura 3.** Distribución de las especies avistadas por temporada y la profundidad de la zona. A través de los colores se identifican las especies (en caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible) y a través de las formas se indican las campañas. Se muestra la distribución de: **a)** delfines, y **b)** ballenas.



## **Ocurrencia de cetáceos en relación a variables ambientales**

A continuación se presentan los resultados donde se relaciona la ocurrencia de cetáceos y las variables ambientales consideradas (profundidad, SST, clorofila-a, distancia a la costa y distancia a los frentes oceanográficos).

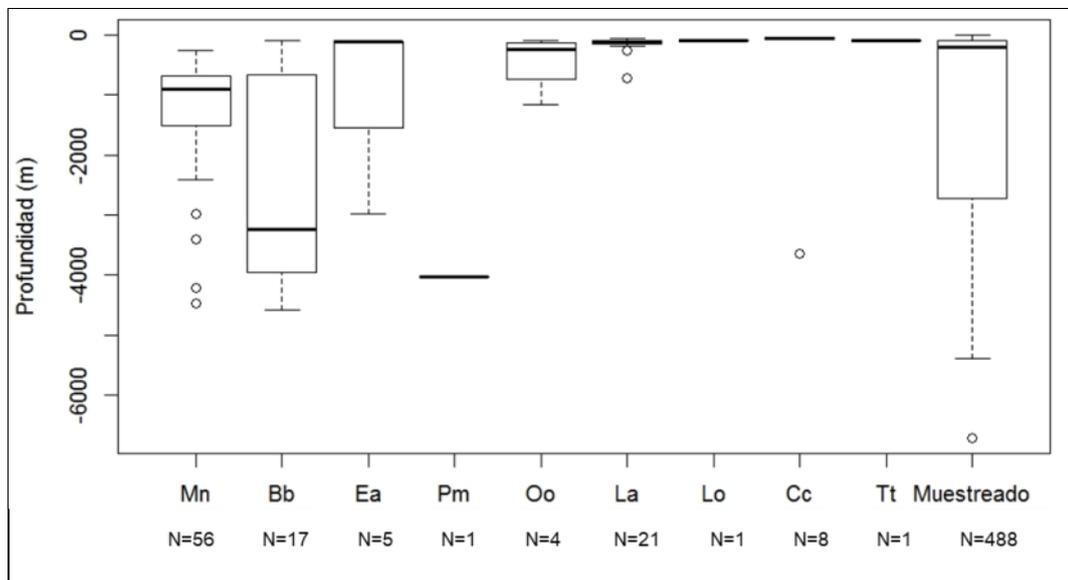
### ***Profundidad***

En la Figura 4, se observa la comparación entre las profundidades a las que se realizó el muestreo efectivo y en las que se avistaron ballenas y delfines identificados al nivel taxonómico de especie. El rango de profundidad del agua fue de -8 m a -6.706 m a (mediana = -209 m). En general, las ballenas se encontraron en rangos de profundidad amplios (entre 91 y 4586,5 m; Figuras 3b y 4) y los delfines en rangos más acotados (entre 31,5 m y 1164,5 m; Figuras 3a y 4). Estos últimos principalmente a menos de 200 m de profundidad aunque existen valores atípicos (Figura 4). Se destaca que el único avistaje de cachalotes se registró en aguas de gran profundidad (Figura 4).

Las ballenas jorobadas fueron observadas en un rango de -251,5 a -4.479 m (mediana = -899 m), las ballenas sei se avistaron en zonas con un rango de -91 a -4.586,5 m de profundidad (mediana = -3.242 m). Por su parte, la ballena franca austral se observó en un rango de -98 a -2.981 m de profundidad (mediana = -106,5 m). Los delfines australes fueron



encontrados en zonas con un rango de profundidad de -57,5 a -248,5 m (mediana = -102 m), y las toninas overas entre los -31,5 a -75 m (mediana = -51,2 m; outlier = -3644,5 m). La ocurrencia de las orcas fue en zonas con un rango de profundidad de -93 a -1164,5 m (mediana = -235,7 m), el cual representa el mayor rango entre los delfines (Figura 4).



**Figura 4.** Diagrama de cajas donde se visualiza la profundidad en la que fueron avistadas las distintas especies de cetáceos (*Mn*: *Megaptera novaengliae*; *Bb*: *Balaenoptera borealis*; *Ea*: *Eubalaena australis*; *Pm*: *Physeter macrocephalus*; *Oo*: *Orcinus orca*; *La*: *Lagenorhynchus australis*; *Lo*: *Lagenorhynchus obscurus*; *Cc*: *Cephalorhynchus commersonii*; *Tt*: *Tursiops truncatus*) y de los transectos muestreados acumulados en todas las campañas. Se indica el número de avistajes y transectos (N) para los cuales se obtuvo el correspondiente valor de profundidad.

### Clorofila-a

Analizando la concentración superficial de clorofila-a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) encontrada en la zona muestreada durante cada campaña, se pudo observar cómo los derroteros fueron realizados en zonas con una amplia variación de



clorofila-a (Figura 5, 6 y C1). El rango de clorofila-a muestreado teniendo en cuenta todas las campañas fue de 0,075 a 23,105 mg.m<sup>-3</sup> (mediana = 0,668 mg.m<sup>-3</sup>; Figuras 6 y C1). En general, en los mapas donde se muestra la concentración de clorofila-a, se observan mayores valores a lo largo de la costa de América del Sur, en la zona de plataforma, y se observan picos de concentración en la zona de quiebre del talud continental (Figura C1). A su vez, los avistajes realizados a lo largo de la plataforma de América del Sur tuvieron mayores valores de clorofila-a que los avistajes cercanos al continente antártico (Figura 6).

Es destacable observar cómo en la temporada 2009, las zonas muestreadas en la plataforma continental presentaron menores valores de clorofila-a (Figura C1c) en relación a las otras campañas donde se muestreó en zonas de elevada concentración de clorofila-a (Figuras C1a y b). Esto permite apreciar cómo varía la clorofila-a dependiendo de la zona y de los meses del año, ya que las campañas de 2006-2007, 2008, 2009 y 2010 se realizaron en diciembre-enero, enero-febrero, febrero-marzo y enero-febrero, respectivamente (Figura C1; Tablas B1, B2, B3 y B4).

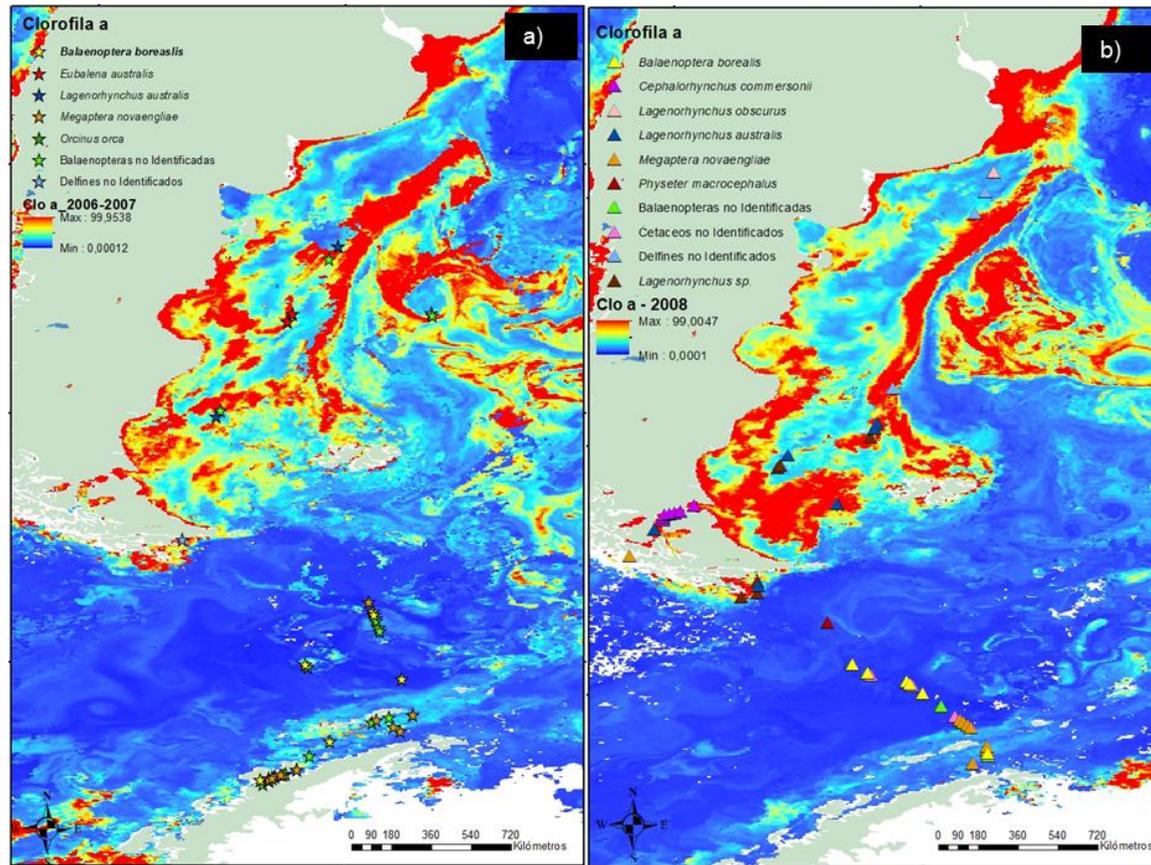
En la temporada 2006-2007 se observó la mayor variación en el rango de clorofila-a muestreada, variando entre 0,075 y 23,104 mg.m<sup>-3</sup> con una mediana de 0,485 mg.m<sup>-3</sup> (Figura C1a). Para esta campaña, los avistajes se realizaron entre 0,229 y 1,534 mg.m<sup>-3</sup> (mediana = 0,449 mg.m<sup>-3</sup>)



(Figura 5a). En las otras campañas los valores obtenidos oscilaron en un menor rango siendo para la temporada 2008 la clorofila-a muestreada entre 0,089 y 8,499  $\text{mg.m}^{-3}$  (mediana = 0,891 $\text{mg.m}^{-3}$ ) y entre 0,089 y 4,726  $\text{mg.m}^{-3}$  (mediana = 1,574  $\text{mg.m}^{-3}$ ) se realizaron los avistajes (Figuras 5b y C1b). Así como en la temporada 2009 la clorofila-a muestreada fue entre 0,102 y 9,397  $\text{mg.m}^{-3}$  (mediana = 0,811  $\text{mg.m}^{-3}$ ), con avistajes obtenidos entre 0,102 y 8,838  $\text{mg.m}^{-3}$  (mediana = 1,176  $\text{mg.m}^{-3}$ ) (Figuras 5c y C1c). Para la temporada 2010 se encontró la segunda muestra con el mayor rango de clorofila-a, entre 0,104 y 13,773  $\text{mg.m}^{-3}$  (mediana = 1,297  $\text{mg.m}^{-3}$ ), con los avistajes efectuados entre 0,104 y 3,307  $\text{mg.m}^{-3}$  (mediana = 0,409  $\text{mg.m}^{-3}$ ) (Figuras 5d y C1d).

Entre las ballenas observadas, los rangos de clorofila-a oscilaron entre 0,229 a 0,605  $\text{mg.m}^{-3}$  (mediana = 0,389  $\text{mg.m}^{-3}$ ) para la jorobada, entre 0,089 y 1,671  $\text{mg.m}^{-3}$  (mediana = 0,301  $\text{mg.m}^{-3}$ ) para la sei, y entre 0,293  $\text{mg.m}^{-3}$  y 1,012  $\text{mg.m}^{-3}$  (mediana = 0,957  $\text{mg.m}^{-3}$ ) para la franca austral. Por otro lado, los valores de clorofila-a para las orcas oscilaron entre 0,332 y 1,910  $\text{mg.m}^{-3}$  (mediana = 1,121  $\text{mg.m}^{-3}$ ). Se distinguieron por tener mayores valores de clorofila-a los avistajes de delfines australes (rango: 0,301 – 4,231  $\text{mg.m}^{-3}$ , mediana = 1,291  $\text{mg.m}^{-3}$ ), y de toninas overas (rango: 0,131 – 4,056  $\text{mg.m}^{-3}$ , mediana = 3,061) (Figura 6).





**Figura 5.** Mapas de clorofila-a donde se muestra la distribución de las especies avistadas (*Balaenoptera borealis*, *Cephalorhynchus commersonii*, *Eubalaena australis*, *Lagenorhynchus australis*, *Lagenorhynchus obscurus*, *Megaptera novaengliae*, *Orcinus orca*, *Physeter macrocephalus*, *Tursiops truncatus*) y, en caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie, se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible (*Balaenoptera* no Identificada, Cetáceo no Identificado, Delfín no Identificado y *Lagenorhynchus* sp.). El rango de clorofila a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) se observa a través de la graduación de los colores. Se muestra un panel por cada campaña: **a)** 2006-2007, **b)** 2008, **c)** 2009, y **d)** 2010.



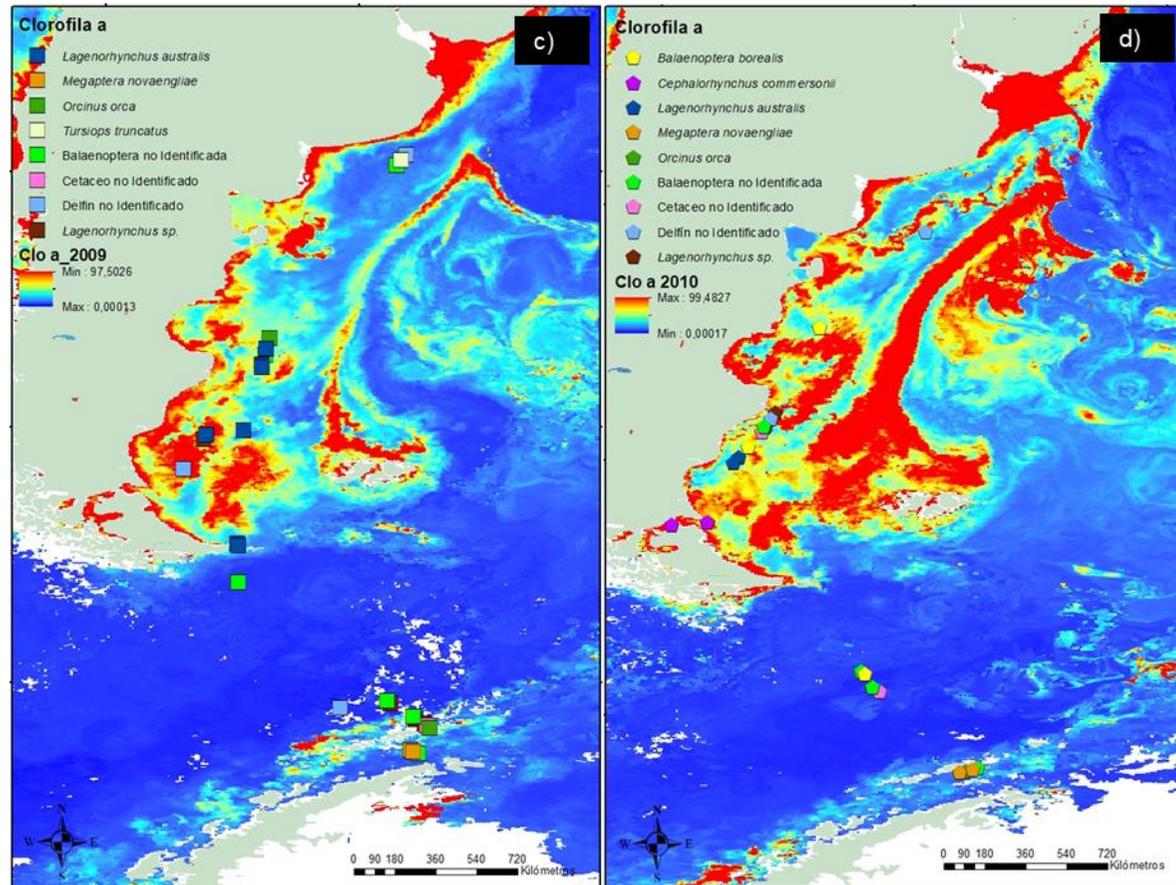
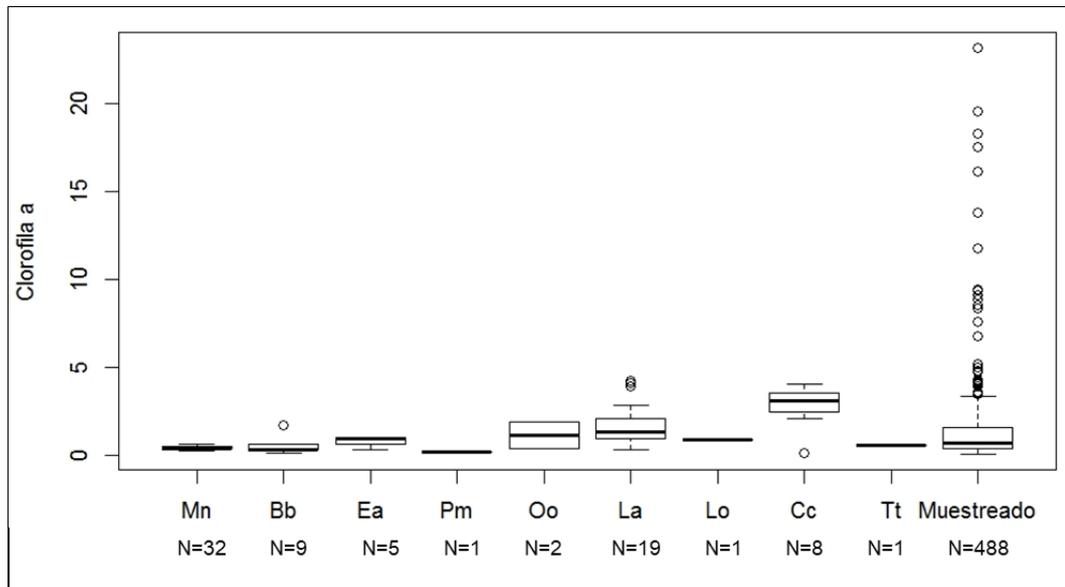


Figura 5. (Continuación)





**Figura 6.** Diagrama de cajas donde se visualizan los valores de clorofila-a ( $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) del agua en la que fueron avistadas las distintas especies de cetáceos (*Mn*: *Megaptera novaengliae*; *Bb*: *Balaenoptera borealis*; *Ea*: *Eubalaena australis*; *Pm*: *Physeter macrocephalus*; *Oo*: *Orcinus orca*; *La*: *Lagenorhynchus australis*; *Lo*: *Lagenorhynchus obscurus*; *Cc*: *Cephalorhynchus commersonii*; *Tt*: *Tursiops truncatus*) y de los transectos muestreados acumulados en todas las campañas. Se indica el número de avistajes y transectos (N) para los cuales se obtuvo el correspondiente valor de clorofila-a.

### **Temperatura Superficial del Mar (SST)**

En los mapas generados a partir de imágenes satelitales de la temperatura superficial del mar ( $^{\circ}\text{C}$ ) y los derroteros realizados en cada campaña, se observa que los muestreos ocurrieron en aguas con temperatura superficial entre  $-0,8^{\circ}\text{C}$  y  $25,8^{\circ}\text{C}$  (mediana =  $11,4^{\circ}\text{C}$ ) (Figura C2).

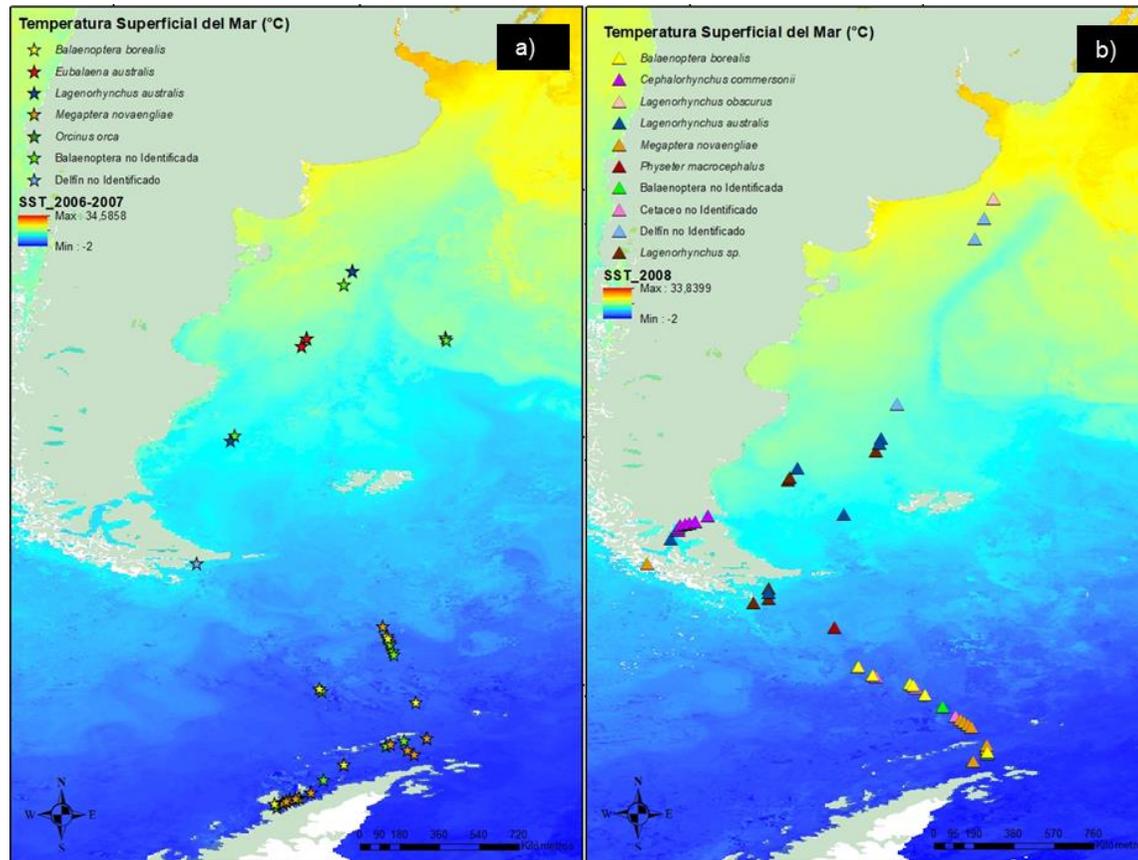
En la temporada 2006-2007 la SST muestreada varió entre  $0,3^{\circ}\text{C}$  y  $24,8^{\circ}\text{C}$  con una mediana de  $8,5^{\circ}\text{C}$  (Figura C2a), y los avistajes fueron realizados entre  $0,5^{\circ}\text{C}$  y  $16,4^{\circ}\text{C}$  (mediana =  $1,7^{\circ}\text{C}$ ) (Figura 7a). Para 2008, la SST muestreada osciló entre  $-0,7^{\circ}\text{C}$  y  $22,9^{\circ}\text{C}$  (mediana =  $10,5$



°C) (Figura C2b), y los avistajes fueron realizados entre 0,7 °C y 17,9 °C (mediana = 8,7 °C) (Figura 7b). Durante la campaña 2009, la SST alcanzó valores de -0,8 °C a 20,8 °C (mediana = 12,6 °C) (Figura C2c), con avistajes efectuados entre 1,2 °C y 20,6 °C (mediana = 12,2 °C) (Figura 7c). En tanto que para 2010, la SST registrada fue de 0,9 °C a 25,8 °C (mediana = 12,0 °C) (Figura C2d), siendo los avistajes entre 0,9 °C y 17,0 °C (mediana = 2,6 °C) (Figura 7d).

Los rangos de SST en los avistajes de ballenas, oscilaron entre 0,7 y 8,9 °C (mediana = 1,8 °C) para la jorobada, entre 0,5 y 15,3 °C (mediana = 2,3 °C) para la sei, y entre 2,6 y 15,2 °C (mediana = 15,2 °C) para la franca austral. En el caso de los delfines, los rangos de SST para las orcas variaron entre 1,2 y 15,9 °C (mediana = 1,5 °C), para los australes entre 2,0 y 16,4 °C (mediana = 11,8°C), y para las toninas overas entre 2,5 y 11,0 °C (mediana = 10,5 °C). Por lo tanto, la ocurrencia de las especies a través de los diagramas de cajas indican que los avistajes de ballena franca austral se dan en el rango más amplio de valores. A diferencia de las ballenas jorobadas que a pesar de tener gran cantidad de avistajes (n = 40) fueron avistadas en un acotado rango de SST (Figuras 7 y 8).





**Figura 7.** Mapas de temperatura superficial del mar donde se muestra la distribución de las especies avistadas (*Balaenoptera borealis*, *Cephalorhynchus commersonii*, *Eubalaena australis*, *Lagenorhynchus obscurus*, *Lagenorhynchus australis*, *Megaptera novaengliae*, *Orcinus orca*, *Physeter macrocephalus*, *Tursiops truncatus*) y, en caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie, se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible (*Balaenoptera* no Identificada, Cetáceo no Identificado, Delfín no Identificado y *Lagenorhynchus* sp.). El rango de temperatura (°C) se observa a través de la graduación de los colores. Se muestra un panel por cada campaña: **a)** 2006-2007, **b)** 2008, **c)** 2009, y **d)** 2010.



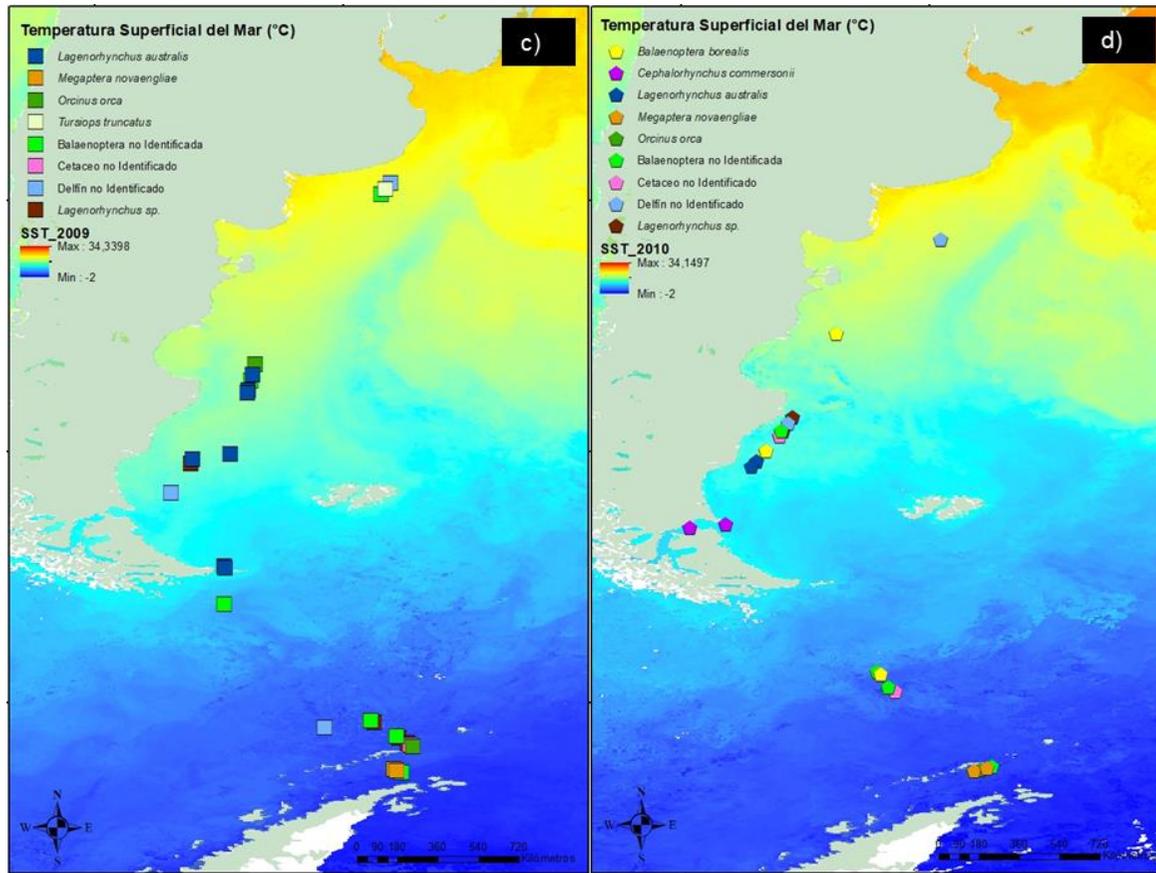
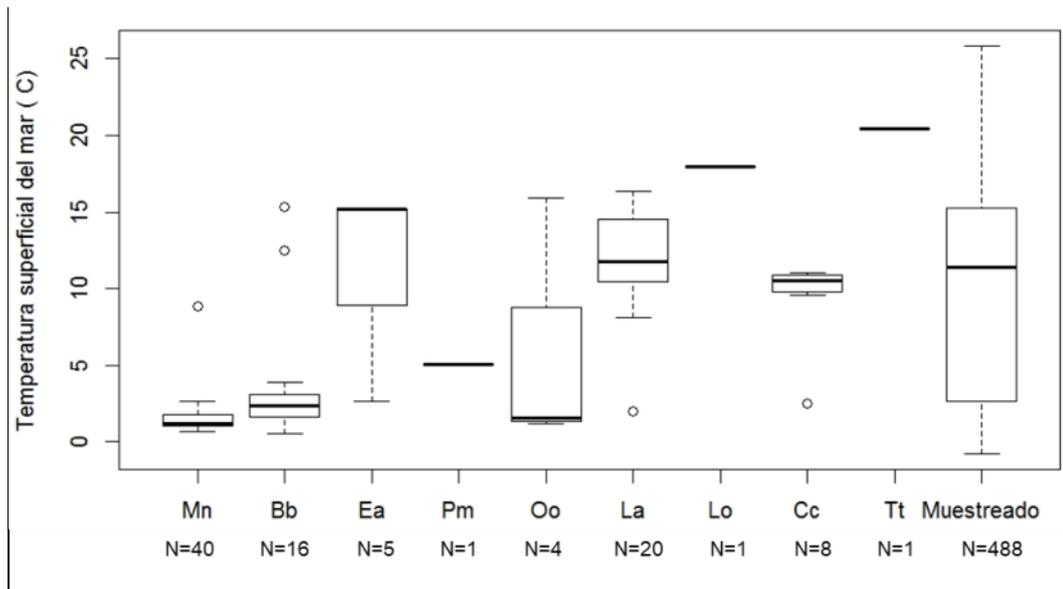


Figura 7. (Continuación)





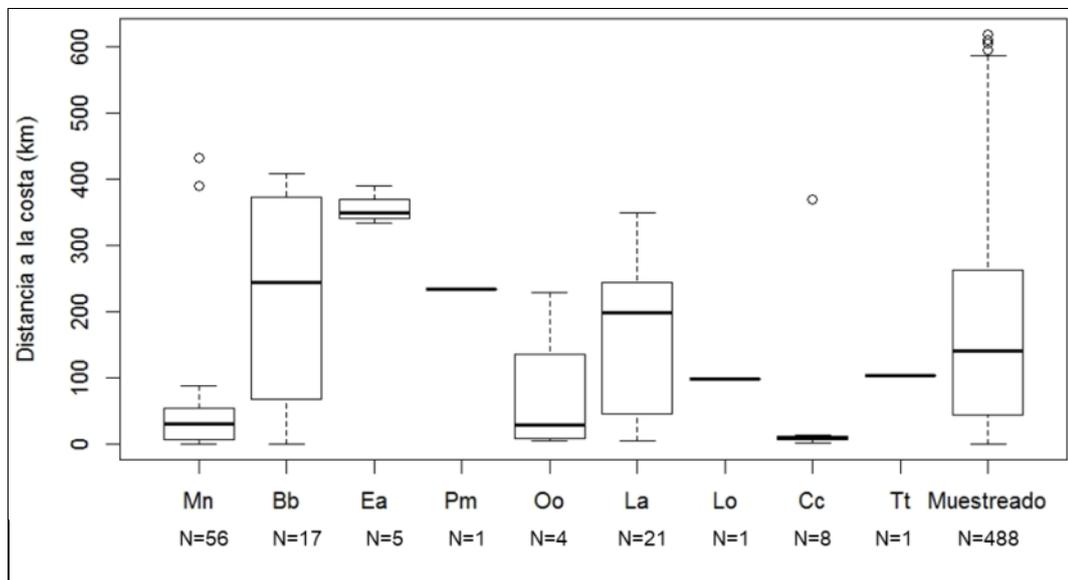
**Figura 8.** Diagrama de cajas donde se visualizan los valores de temperatura superficial del mar (°C) en la que fueron avistadas las distintas especies de cetáceos (*Mn*: *Megaptera novaengliae*; *Bb*: *Balaenoptera borealis*; *Ea*: *Eubalaena australis*; *Pm*: *Physeter macrocephalus*; *Oo*: *Orcinus orca*; *La*: *Lagenorhynchus australis*; *Lo*: *Lagenorhynchus obscurus*; *Cc*: *Cephalorhynchus commersonii*; *Tt*: *Tursiops truncatus*) y de los transectos muestreados acumulados en todas las campañas. Se indica el número de avistajes y transectos (N) para los cuales se obtuvo el correspondiente valor de temperatura.

### ***Distancia a la costa***

Del total de los 59 días en los que se realizó muestreo efectivo, en 41 días se navegó cerca de América del sur y en los restantes 18 se muestrearon aguas cercanas al continente antártico. Se registraron avistamientos en 61% y 100% de los días muestreados cerca de América del Sur y de la Antártida, respectivamente. Considerando todas las temporadas, el mínimo y máximo de distancias a la costa más cercana de los tramos muestreados fue 0,4 y 618,3 km, respectivamente, con una distancia mediana de 140,2 km. En el caso de las ballenas, los rangos de distancia a la costa oscilaron entre 0,4 km y 431,7 km (mediana = 30,0 km) para la



jorobada, de 0,5 km a 408,6 km (mediana = 243,2 km) en la sei, y entre 334,2 y 389,9 km (mediana = 348,9 km) para la franca austral. Por otro lado, para las orcas la distancia a la costa varió entre 4,8 y 228,8 km (mediana = 27,8 km). Los delfines australes oscilaron entre 5,2 y 348,9 km (mediana = 198,7 km), y las toninas overas de 1,9 a 13,0 km (mediana = 7,4 km; outlier = 369,6 km) (Figuras 9).



**Figura 9.** Diagrama de cajas donde se visualizan los valores de distancia a la costa más cercana (tanto América del Sur como Antártida) para las distintas especies de cetáceos avistadas (*Mn*: *Megaptera novaengliae*; *Bb*: *Balaenoptera borealis*; *Ea*: *Eubalaena australis*; *Pm*: *Physeter macrocephalus*; *Oo*: *Orcinus orca*; *La*: *Lagenorhynchus australis*; *Lo*: *Lagenorhynchus obscurus*; *Cc*: *Cephalorhynchus commersonii*; *Tt*: *Tursiops truncatus*) y para los transectos muestreados acumulados en todas las campañas. Se indica el número de avistajes y transectos (N) para los cuales se obtuvo el correspondiente valor de distancia a la costa más cercana.

### **Distancia a frentes oceanográficos**

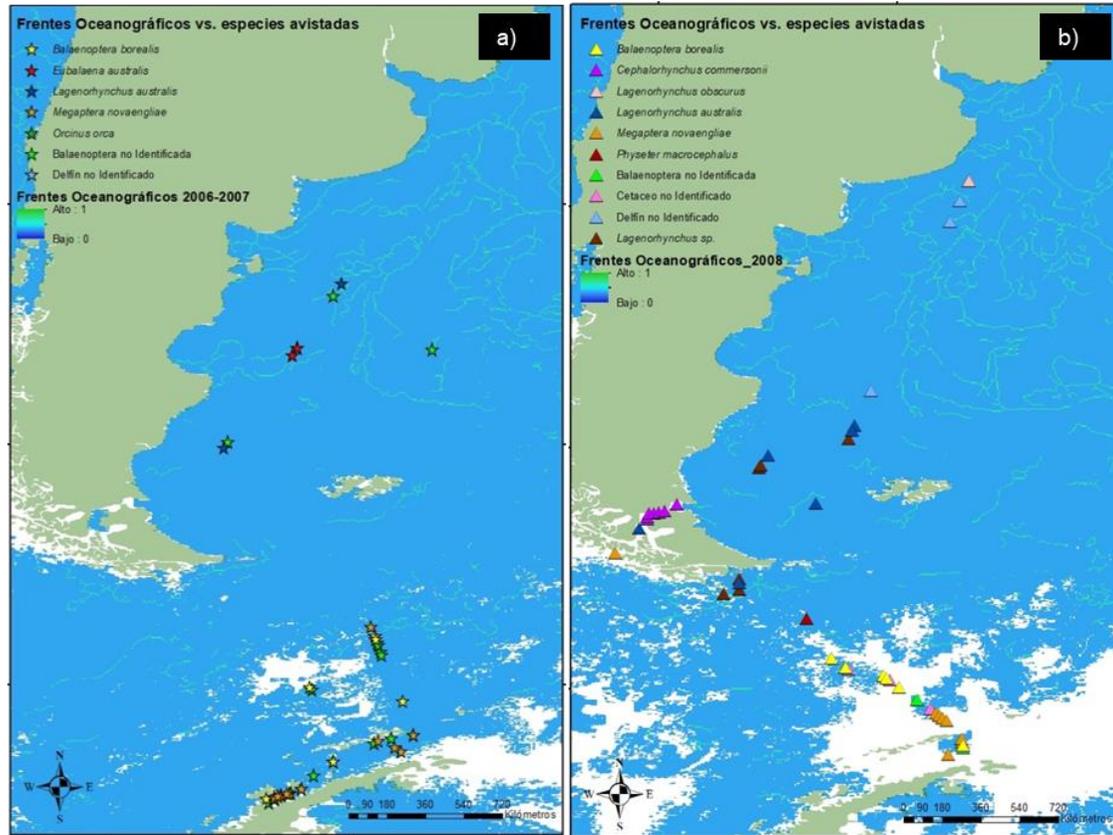
Se observaron variaciones en la ubicación de los frentes de temperatura superficial entre los distintos años muestreados (Figura C3). En la temporada 2010 se registró el transecto más cercano a un frente (-



65,698°S, -48,390°W a -65,788°S, -48,509°W), con una distancia de 2,5 km, y en la temporada 2008 se muestreó el transecto más alejado de un frente (-62,787°S, -58,763°W a -62,982°S, -58,654°W) con una distancia de 656,9 km (Figura C3). Teniendo en cuenta todas las campañas la mediana de la distancia al frente oceanográfico muestreado fue de 103,375 km.

Considerando todas las campañas, el rango de distancia a un frente oceanográfico para la ballena jorobada osciló de 25,2 a 582,4 km (mediana = 387,5 km), entre 17,1 y 557,0 km (mediana = 217,4 km) para la sei, y entre 16,2 y 543,5 km (mediana = 48,5 km) en el caso de la ballena franca austral. Por otro lado, las orcas se encontraron a distancias al frente entre 19,4 y 627,7 km (mediana = 506,7 km), los delfines australes variaron entre 7,7 y 329,7 km del frente (mediana = 59,7 km), a diferencia de las toninas overas que se encontraron entre 80,2 km y 229,2 km (mediana = 165,5 km) (Figuras 11). Los tres frentes oceanográficos con más avistajes asociados fueron los denominados: 19490, 19227 y 18311, los cuales tuvieron 29, 16 y 13 avistajes, respectivamente.





**Figura 10.** Mapas donde se muestra la localización de frentes oceanográficos (es decir, zonas donde la temperatura superficial del agua varía más de 1°C), la distribución de las especies avistadas (*Balaenoptera borealis*, *Cephalorhynchus commersonii*, *Eubalaena australis*, *Lagenorhynchus obscurus*, *Lagenorhynchus australis*, *Megaptera novaengliae*, *Orcinus orca*, *Physeter macrocephalus*, *Tursiops truncatus*) y, en caso de no haberse logrado la identificación a nivel de especie, se indica el menor nivel de identificación taxonómica posible (*Balaenoptera* no Identificada, Cetáceo no Identificado, Delfín no Identificado y *Lagenorhynchus* sp.). La ubicación de los frentes se representa con líneas de color verde. Se muestra un panel por cada campaña: **a)** 2006-2007, **b)** 2008, **c)** 2009, y **d)** 2010.



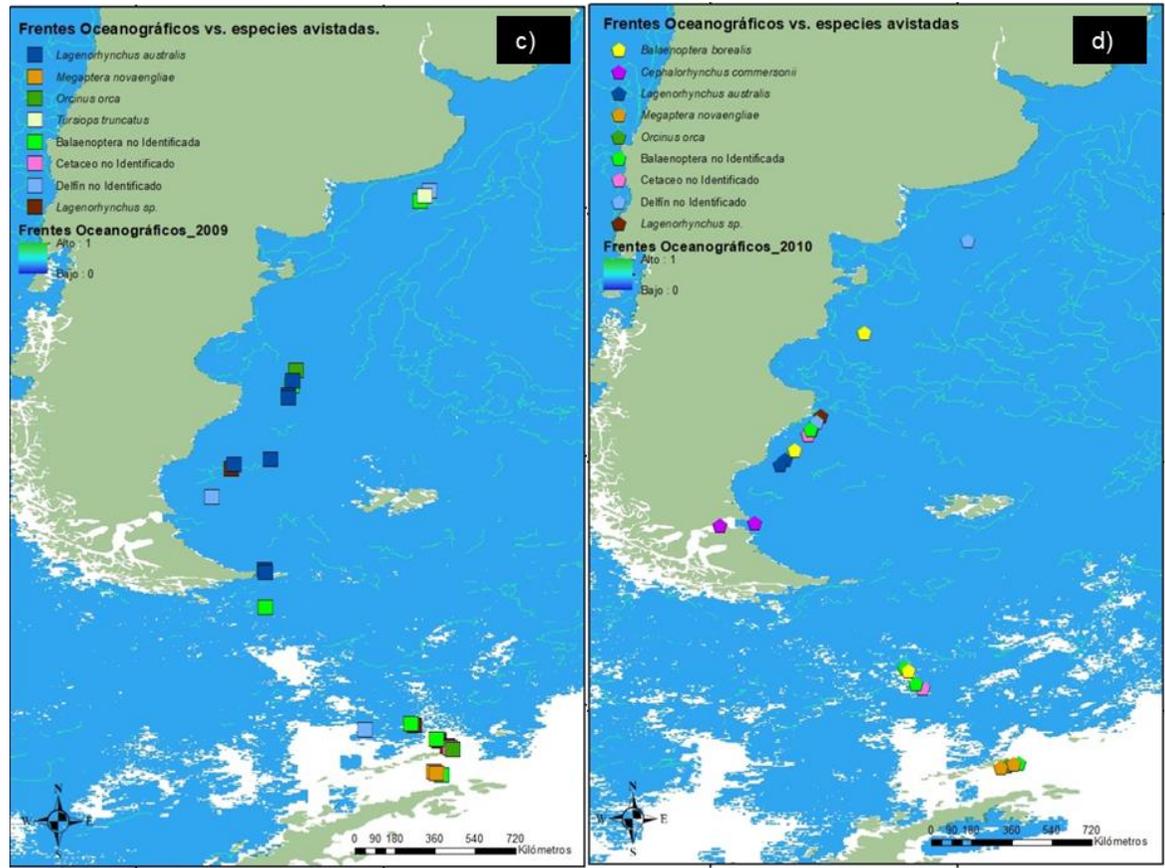
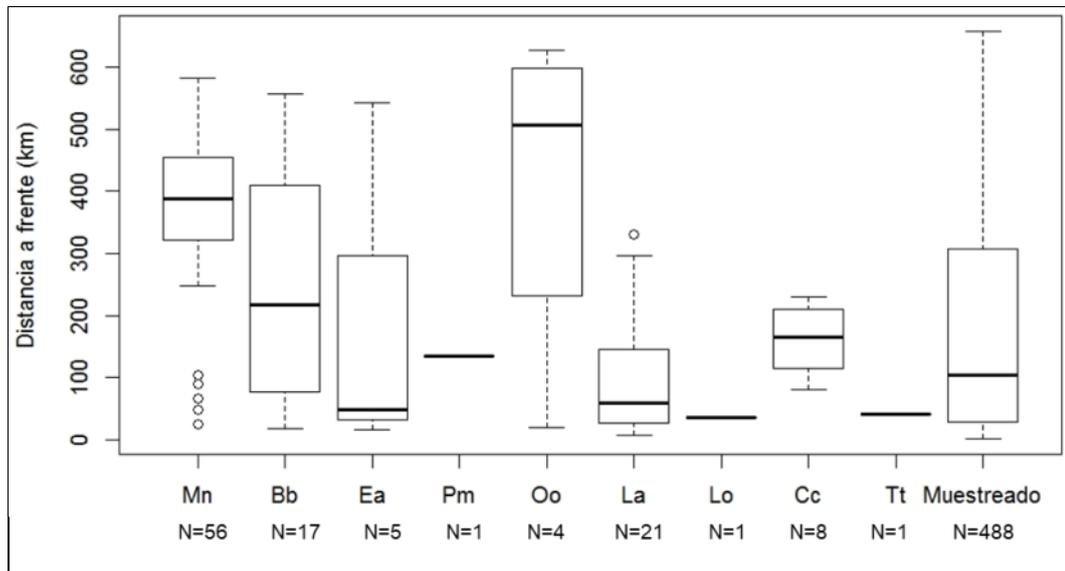


Figura 10. (Continuación)





**Figura 11.** Diagrama de cajas donde se visualizan los valores de distancia al frente oceanográfico más cercano para las distintas especies de cetáceos avistadas (*Mn*: *Megaptera novaengliae*; *Bb*: *Balaenoptera borealis*; *Ea*: *Eubalaena australis*; *Pm*: *Physeter macrocephalus*; *Oo*: *Orcinus orca*; *La*: *Lagenorhynchus australis*; *Lo*: *Lagenorhynchus obscurus*; *Cc*: *Cephalorhynchus commersonii*; *Tt*: *Tursiops truncatus*) y para los transectos muestreados acumulados en todas las campañas. Se indica el número de avistajes y transectos (N) para los cuales se obtuvo el correspondiente valor de distancia al frente oceanográfico más cercano.

Al analizar los avistajes en relación a la distancia de la costa y los frentes conjuntamente (Tabla 5), se observa que de los 188 avistajes realizados, 125 fueron más cerca del continente (102 a la Antártida y 23 a América del Sur) y 63 fueron más cerca de un frente oceanográfico. Para las ballenas jorobadas se registraron 56 avistajes, todos fueron más cerca del continente Antártico (excepto uno que fue cercano a América del sur). En contraste, las ballenas sei, los avistajes ocurrieron tanto cerca del continente Antártico (n = 8) como de los frentes oceanográficos (n = 9). Se avistaron 21 grupos de delfines australes, de las cuales 16 fueron más



cerca de un frente y los restantes 5 fueron más próximos a América del Sur. Mientras que las ballenas franca austral fueron avistadas 5 veces: 3 cercanos a la Antártida y 2 a un frente oceanográfico. No obstante, de las 4 veces que se avistaron orcas, 3 tuvieron lugar cerca del continente Antártico. Las toninas overas se avistaron 9 veces, de las cuales 8 ocurrieron cercanas al continente Americano (Tabla 5).

En la temporada 2006-2007 se realizaron 21 días de esfuerzo efectivo, de los cuales en 15 de ellos se realizó avistaje; en donde 10 de estos fueron más cercanos al continente Antártico. Para la temporada de 2008 de los 13 días con trabajo efectivo, en 11 de estos se realizó avistaje, siendo 6 de ellos más cercanos a un frente oceanográfico. En la tercer campaña, de los 15 días con muestreo efectivo (9 días con avistajes), 4 de los días fueron más cerca de un frente que del continente. La campaña de 2010 presentó mayor cantidad de avistajes más cerca de los frentes que de la costa, de los 8 días con avistajes, 7 fueron cercanos a un frente (Tablas 1, 5).



**Tabla 5.** Distancia a la costa y distancia al frente oceanográfico más cercano, de los avistajes de cetáceos (Bb: *Balaenoptera borealis*, Cc: *Cephalorhynchus commersonii*, Ea: *Eubalaena australis*, La: *Lagenorhynchus australis*, Lo: *Lagenorhynchus obscurus*, Mn: *Megaptera novaengliae*, Oo: *Orcinus orca*, Pm: *Physeter macrocephalus*, Tt: *Tursiops truncatus*, Bnol: *Balaenoptera* no identificada, Cnol: Cetaceo no identificado, Dnol: Delfín no identificado y Lsp.: *Lagenorhynchus* sp.) realizados durante el muestreo efectivo. Siendo las costas más cercanas América del Sur o Antártida y los frentes identificados por un número a los largo de la tabla.

Fecha	AVISTAJES													Continente	Distancia a Costa (km)	Frente	Distancia a Frente (km)
	Bb	Cc	Ea	Lo	La	Mn	Oo	Pm	Tt	Bnol	Cnol	Dnol	Lsp.				
30/12/2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	América del Sur	555,218	12034	11,615
30/12/2006	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	546,139	12034	18,858
02/01/2007	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	431,694	18311	502,610
02/01/2007	1	0	3	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	389,949	18311	543,460
02/01/2007	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	376,284	18311	557,014
02/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	363,359	18311	569,862
02/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	352,130	18311	581,064
02/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	322,806	19220	576,277
02/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	313,391	19220	570,307
03/01/2007	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	114,273	19220	460,389
03/01/2007	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	26,710	19220	467,909
03/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	7,659	19220	556,530
06/01/2007	0	0	0	0	0	7	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	9,169	19227	460,123
06/01/2007	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	2,911	19227	435,672
06/01/2007	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	0,438	19227	430,028
07/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	4,021	19227	442,018
07/01/2007	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Antártida	4,784	19227	444,524
08/01/2007	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	4,961	19227	454,537
10/01/2007	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	11,750	19001	247,794
10/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	15,573	19001	238,317
11/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	6,508	18993	90,286
11/01/2007	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	0,476	18995	102,026



14/01/2007	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	4,305	18993	103,953
14/01/2007	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	6,574	18993	89,134
14/01/2007	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	6,091	18993	65,579
14/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	38,730	18995	60,870
14/01/2007	1	0	0	0	0	0	NA	0	0	1	0	0	0	Antártida	16,025	18997	62,975
21/01/2007	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	49,988	18053	48,919
21/01/2007	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	46,383	18053	25,199
26/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	239,805	20228	394,207
26/01/2007	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	251,752	20228	396,514
27/01/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	América del Sur	5,006	20148	125,339
07/02/2007	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	209,403	16876	219,428
07/02/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	199,626	17650	212,280
08/02/2007	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	334,232	16422	16,252
08/02/2007	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	348,914	16422	48,491
09/02/2007	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	316,069	14198	6,570
09/02/2007	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	América del Sur	313,668	14543	14,157
04/01/2008	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	98,358	13012	36,452
04/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	América del Sur	152,244	13012	53,518
04/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	América del Sur	221,100	13619	6,152
06/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	América del Sur	368,427	16934	107,192
06/01/2008	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	254,225	17235	81,675
06/01/2008	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	América del Sur	239,705	17235	100,875
06/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	América del Sur	221,938	17727	108,595
07/01/2008	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	233,432	18084	34,954
11/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	América del Sur	234,116	19439	134,941
12/01/2008	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	293,339	19439	218,582
12/01/2008	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	283,009	19439	216,135
12/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Antártida	271,646	19439	215,290
12/01/2008	1	0	0	0	0	NA	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	234,678	19439	221,640
12/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	154,311	19439	244,583



12/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Antártida	105,687	19490	297,736
12/01/2008	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	87,149	19490	321,618
12/01/2008	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	75,453	19490	336,136
12/01/2008	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	63,895	19490	353,647
12/01/2008	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	53,326	19490	353,805
15/01/2008	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	47,104	19490	425,056
15/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	51,601	19490	417,130
15/01/2008	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	41,387	19490	421,208
15/01/2008	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	32,255	19490	426,610
15/01/2008	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	27,788	19490	433,502
16/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Antártida	353,178	19490	196,259
16/01/2008	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	369,121	19490	200,091
16/01/2008	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	404,244	19490	226,631
17/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	América del Sur	15,535	19052	318,527
17/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	América del Sur	52,410	19052	294,377
17/01/2008	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	29,163	19454	329,709
17/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	América del Sur	12,598	19454	325,075
18/01/2008	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	3,611	19052	323,241
18/01/2008	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	10,261	19132	296,766
23/01/2008	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	8,467	19052	229,223
23/01/2008	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	6,370	19052	223,733
23/01/2008	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	2,365	19052	209,366
23/01/2008	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	6,012	19052	188,820
23/01/2008	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	América del Sur	9,418	19052	165,539
23/01/2008	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	11,732	19052	123,617
23/01/2008	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	13,007	19052	85,389
24/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	América del Sur	219,647	18774	14,376
24/01/2008	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	América del Sur	223,434	18887	12,214
24/01/2008	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	216,797	18887	19,126
01/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	América del Sur	86,383	12737	43,940



01/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	América del Sur	103,653	13109	41,247
01/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	117,002	13109	33,512
03/02/2009	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	América del Sur	228,857	15872	19,406
03/02/2009	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	208,154	16108	41,477
03/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	199,705	16108	48,591
03/02/2009	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	189,191	16108	61,354
03/02/2009	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	188,477	16200	64,446
04/02/2009	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	249,793	16949	71,152
05/02/2009	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	18,925	17407	189,743
05/02/2009	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	13,968	17407	193,317
08/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	143,681	17407	297,490
09/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	121,681	17541	572,079
09/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Antártida	111,625	17541	574,290
09/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	48,500	17541	601,953
09/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Antártida	41,732	17541	605,398
09/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	Antártida	34,291	17541	621,609
09/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	39,819	17541	589,644
09/02/2009	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Antártida	42,734	17621	627,716
15/02/2009	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	56,834	17544	322,455
15/02/2009	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	52,123	17544	323,983
15/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	43,036	17544	320,808
26/02/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	Antártida	145,368	16868	414,836
06/03/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	América del Sur	163,024	16937	25,403
06/03/2009	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	América del Sur	174,234	16947	40,549
06/03/2009	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	178,169	16966	32,774
08/01/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	América del Sur	231,272	14588	69,039
09/01/2010	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	155,896	15875	17,073
10/01/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	América del Sur	42,544	17078	2,532
10/01/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	América del Sur	60,409	17078	11,600
10/01/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	América del Sur	66,654	17078	22,150



10/01/2010	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	95,061	17453	22,279
10/01/2010	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	73,967	17502	7,726
10/01/2010	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	62,186	17581	15,183
15/01/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	401,554	18808	82,640
15/01/2010	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	408,606	18808	90,973
23/01/2010	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	9,534	17419	556,283
23/01/2010	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	Antártida	12,864	17419	568,826
23/01/2010	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	14,756	17419	582,408
23/01/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	13,783	17419	594,960
24/01/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	Antártida	338,300	17419	121,815
24/01/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	Antártida	357,597	17428	95,493
31/01/2010	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Antártida	369,633	17428	80,252
31/01/2010	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	América del Sur	1,867	18066	114,981
01/02/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	América del Sur	29,143	18066	73,559
01/02/2010	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	América del Sur	36,503	17242	9,631



## **Análisis de componentes principales (ACP)**

Para analizar los avistajes de las especies durante todo el periodo de estudio, y correlacionarlos con las variables ambientales (profundidad, clorofila-a, temperatura superficial del mar, distancia a la costa y distancia al frente oceanográfico más cercano), los datos obtenidos se separaron en dos: Mysticetos y Odontocetos.

En el ACP de los Mysticetos, se encontró que los dos primeros componentes explicaron el 73,5 % de la variabilidad observada en los datos. Las variables que más contribuyeron al CP1 fueron la SST y la clorofila-a (Tabla 6). Mientras que las variables que aportaron mayor variabilidad al CP2 fueron la distancia a la costa y, en menor medida la profundidad (Tabla 6); las mayores profundidades se encuentran a mayores valores de distancia de la costa. Todos los avistajes de ballena jorobada se ubicaron a menores valores de SST y clorofila-a; y en zonas de profundidades intermedias y más cercanas a la costa que las ballenas sei y franca austral (Figura 12a). Los avistajes de ballena Sei se encontraron en zonas de temperaturas bajas, excepto por dos puntos donde se encuentran los mayores temperaturas; y distribuidos relativamente uniformes a lo largo del CP2, es decir en un amplio rango de profundidades y distancia de la costa (Figura 12a). La ballena franca austral se encontró en el sector superior del PCA, donde los valores de



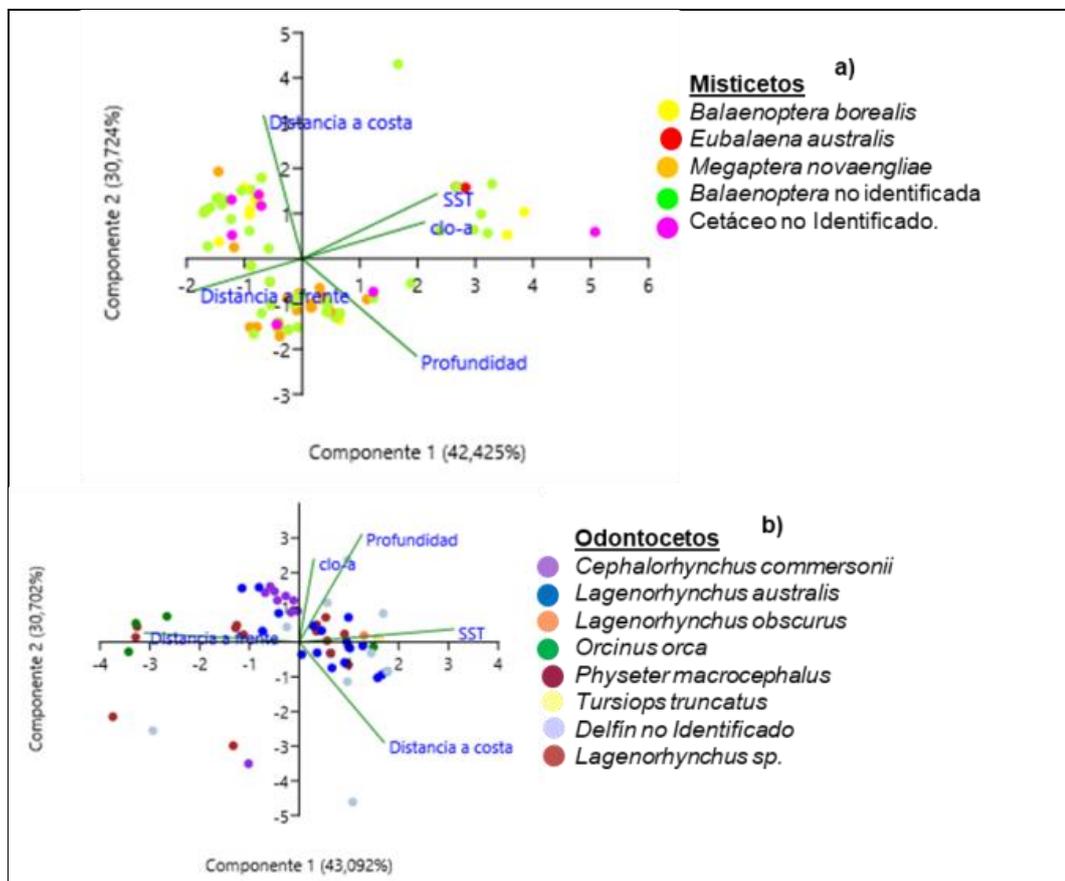
SST son mayores. Por otro lado, los avistajes de ballenas del género *Balaenoptera* no identificadas a nivel específico, se encuentran dispersos en todo el diagrama (Figura 12a), por lo tanto, no se asocian a ningún componente en particular.

En el ACP de los Odontocetos, se encontró que el 73,8 % de la variabilidad de los datos fue explicado por los dos primeros componentes. Las variables que contribuyeron al CP1 fueron la SST y la distancia al frente en sentido opuesto. Por otro lado, las variables que contribuyeron mayormente al CP2 fueron la profundidad, la distancia a la costa y, en menor medida la clorofila-a (Tabla 6). La mayoría de los avistajes de delfín austral se asociaron a temperaturas mayores y zonas cercanas a frentes oceanográficos (Figura 12b). Los avistajes de tonina overa se asociaron al sector superior izquierdo del PCA (excepto por un punto). Interpretando su ubicación respecto al CP2, la tonina overa se encuentra a menores profundidades, la distancias a la costa y la clorofila es mayor en comparación con las otras especies de odontocetos; y según el CP1 se asocia a valores intermedios de SST y distancia al frente (Figura 12b). Por otro lado, tres avistajes de orcas se ubicaron, donde la SST es inferior y la distancia al frente es superior que para el resto de los odontocetos (Figura 12b).



**Tabla 6.** Matriz de componentes: Relaciones entre las variables ambientales y la ocurrencia de las especies avistadas en Mysticetos (*Balaenoptera borealis*, *Eubalaena australis*, *Megaptera novaengliae*, y *Balaenoptera* no Identificada) y Odontocetos (*Cephalorhynchus commersonii*, *Lagenorhynchus obscurus*, *Lagenorhynchus australis*, *Orcinus orca*, *Physeter macrocephalus*, *Tursiops truncatus*, *Lagenorhynchus* spp. y Delfín no Identificado). Las variables proporcionadas con mayor variación en el estudio se indican en negrita. N indica el número de avistamientos en los que había al menos un individuo presente teniendo en cuenta todas las campañas juntas (2006-2007, 2008, 2009 y 2010).

Variable	Misticetos			Odontocetos		
	CP 1 (42.425%)	CP 2 (30.724%)	N	CP 1 (43.092%)	CP 2 (30.702%)	N
Profundidad	0.469	<b>-0.510</b>	126	0.257	<b>0.634</b>	62
clo-a	<b>0.502</b>	0.191	75	0.060	<b>0.488</b>	53
SST	<b>0.553</b>	0.339	102	<b>0.635</b>	0.076	58
Distancia a costa	-0.157	<b>0.748</b>	126	0.349	<b>-0.592</b>	62
Distancia a frente	-0.443	-0.166	126	<b>-0.635</b>	0.054	62



**Figura 12.** Análisis de Componentes Principales (ACP), se muestra la distribución de los avistamientos en las dos primeras componentes (1 y 2). Las variables correlacionadas fueron profundidad, concentración de clorofila-a (Clo-a), temperatura superficial del mar (SST), distancia a costa y distancia a frente oceanográfico. Se presentan por separado los ACP realizados para: **a)** Mysticetos; **b)** Odontocetos. Los puntos de colores indican la distribución de los avistajes de cada especie.



## DISCUSIÓN

En este trabajo se analizó la ocurrencia de cetáceos en aguas de los océanos Atlántico sudoccidental y Austral durante cuatro temporadas de verano austral. De las 9 especies de Mysticetos y las 30 especies de Odontocetos que habitan en la zona, utilizando barcos como plataformas de oportunidad, se registró la ocurrencia de 3 y 6 de estas especies, respectivamente. Al momento de interpretar datos obtenidos a partir de muestreos oportunistas como los aquí presentados, hay que tener en cuenta que el área muestreada y el esfuerzo de muestreo realizado no son preestablecidos por los investigadores sino que dependen de factores externos. En este caso, fueron establecidas principalmente a partir de la logística requerida en las campañas de abastecimiento de la Base General Artigas en la Isla Rey Jorge, y las condiciones del tiempo. A su vez, las condiciones meteorológicas (viento, lluvia, niebla, nieve, etc.) y del mar (tamaño de la ola) también afectaron el esfuerzo efectivo realizado en cada campaña, ya que se requerían ciertas condiciones de visibilidad y estado del mar (visibilidad > 2mn, sin niebla/lluvia/nieve, y Beaufort < 6).

En general, se observó que el número de avistajes totales acumulados para cada campaña presentó valores mayores cuando el esfuerzo efectivo total acumulado por campaña (en días y horas) fue mayor. A su



vez, los valores medios por campaña para el esfuerzo efectivo diario y el número de avistajes diarios también aumentaron de forma proporcional. Sin embargo, el número de avistajes y el esfuerzo de observación en millas náuticas recorridas no se relacionarían de manera directamente proporcional, tal como se observa en los valores variables de frecuencia de avistajes. Se destaca que en la temporada 2006-2007 se registró la mayor frecuencia de avistamiento tanto para los valores totales acumulados como para los valores diarios medios, principalmente debido a los numerosos registros de rorcuales (*Balaenoptera* spp.) y de ballena jorobada. Esto pudo estar influenciado por la logística del barco, ya que durante dicha campaña se hizo un elevado esfuerzo de muestreo en aguas al oeste de la Península Antártica (ver abajo).

En todas las temporadas ocurrió mayor número de avistajes de ballenas que de delfines. Las especies de ballenas avistadas, en su mayoría, se caracterizan por desplazarse en verano hacia los polos para alimentarse. La ballena jorobada fue la especie más avistada y fue encontrada principalmente en aguas antárticas, al sur de la latitud 60° S, en todas las temporadas. Esta especie es una gran migradora, que se desplaza a alimentarse a altas latitudes durante el verano, y su comportamiento puede comprender mucha actividad fuera del agua incluyendo exposición de la cola antes de sumergirse a bucear, y golpes con sus extensas aletas pectorales (Bastida et al., 2003). El hecho de que haya sido la especie



con mayor tasa de avistaje se explicaría dado que las zonas donde se concentró el esfuerzo de muestreo incluyeron aguas alrededor de la isla Rey Jorge (donde se encuentra la Base General Artigas), y los estrechos de Gerlache y Bransfield alrededor de la Península Antártica. En particular, la temporada con mayor tasa de avistaje para la ballena jorobada fue 2006-2007. En esta campaña se realizó un gran esfuerzo de muestreo bordeando el margen oeste de la Península Antártica, incluyendo el Estrecho de Gerlache. Estas aguas, así como también los alrededores de las islas Orcadas del Sur, ya han sido descritas por varios autores como áreas de importante concentración de la ballena jorobada y también de agregación de krill, el cual constituye una de sus principales fuentes de alimento (Sirovic et al., 2006; Santora et al., 2010; Nowacek et al., 2011; Secchi et al., 2011; Orgeira et al., 2017; Weinstein et al., 2017). Los estudios de Santora et al. (2010) y de Weinstein et al. (2017), por ejemplo, encontraron una preferencia de las jorobadas a alimentarse en aguas poco profundas del Estrecho de Bransfield y de Gerlache, donde se encuentran los cardúmenes de krill juvenil. Otra especie ampliamente avistada fue la ballena sei. Esta especie también realiza extensas migraciones trasladándose a latitudes altas en verano, principalmente para alimentarse entre la Convergencia Subtropical y la Antártica (Perrin et al., 2002; Sirovic et al., 2006).



Por otro lado, el delfín austral fue la otra especie avistada durante todas las temporadas. Esta especie se encontró únicamente en aguas de plataforma continental al sur de América del Sur, lo cual coincide con registros de otros autores que destacan que el delfín austral es comúnmente avistado en los canales fueguinos en zonas protegidas, en bosques de algas y en fiordos (Viddi & Lescrauwaet, 2005; Boy et al., 2011). Esta especie costera tiene hábitos acrobáticos y realiza varias actividades en la superficie, tienen una natación lenta en comparación con otros delfines como el oscuro y salen seguido a la superficie del agua a respirar. El tamaño de los grupos de delfín austral observados en este estudio (media = 6 y máximo 60 individuos) coincide con la literatura, ya que se los suele avistar en grupos de 10 individuos, aunque en ciertas oportunidades se los ha avistado en grupos de hasta 100 ejemplares (Crespo et al., 1997; Bastida et al., 2003).

Además, la tonina overa se avistó reiteradas veces, únicamente en los canales Fueguinos y en el Estrecho de Magallanes. Esta especie es habitante residente de las aguas de América del Sur (34 °S – 50 °S), incluyendo dichos canales y el estrecho, así como también se puede encontrar en el pasaje de Drake (Gibbons et al., 2000; Lescrauwaet et al., 2000; Shirihai et al., 2015). Cabe destacar que la tonina overa se encontró solamente durante las campañas de 2008 y 2010, en las cuales se realizó muestro efectivo en los canales Fueguinos y el Estrecho de Magallanes; y



las temporadas en las que no se pudo muestrear dicha zona dadas las condiciones del tiempo desfavorables, no hubieron registros efectivos de toninas overas.

Al correlacionar los avistajes realizados en las distintas campañas con las variables ambientales (profundidad, clorofila-a, temperatura superficial del mar, distancia a la costa y distancia al frente oceanográfico más cercano) se encontró que en general, los Odontocetos (orcas, tonina overa, y los delfines australes, oscuros y nariz de botella) fueron avistados en menores profundidades y un rango más acotado que los Misti cetos (ballenas sei, franca austral y jorobada). Todas las especies de odontocetos, excepto las orcas, se encontraron en aguas donde la profundidad no superó los 300 m. Estas observaciones coinciden con lo reportado por diferentes autores (Bastida et al., 2003; Van Waerebeek et al., 2010; Prado et al., 2016; Garaffo et al., 2007; Shirihai et al., 2015; Dellabianca et al., 2016; Orgeira et al., 2017; Retana & Lewis, 2017; Weinstein et al., 2017; Horwood, 2018; Weir & Black, 2018). Tanto la tonina overa como el delfín austral son especies costeras que se encuentran sobre la plataforma continental, donde las profundidades son menores a 200 m (Perrin et al., 2002; Bastida et al., 2003; Dellabianca et al., 2016). Particularmente, las ballenas jorobadas se registraron en un promedio de 1368 m de profundidad (mediana = -899,5 m), lo cual se asemeja a lo encontrado por Orgeira et al. (2017), quien las avistó en



aguas Antárticas en una media de 900 m. Por su parte, la ballena sei se encontró en aguas profundas (mediana = 3412 m), esta especie no es costera y es esperable que ocurra a mayores profundidades dados sus hábitos de alimentación y de migración estival durante el verano austral (Bastida et al., 2003; Horwood, 2018). El único registro de cachalotes ocurrió en aguas de 4000 m de profundidad aprox., los cachalotes pueden realizar inmersiones a más de 3000 m de profundidad, siempre que estén libres de hielos (Bastida et al., 2003; Dunn et al., 2012).

Los mayores valores de clorofila-a se ubicaron en la plataforma continental de América del Sur, con valores máximos tanto cerca de la costa, en el estrecho de Magallanes, como cerca de los 200 m de profundidad donde se ubica el quiebre de plataforma y talud continental. En general, estos picos de clorofila-a, son el reflejo de la abundancia de fitoplancton y de la alta productividad primaria, y se relacionan íntimamente a la ubicación de los frentes oceánicos y a la temperatura superficial del agua, específicamente su estabilidad se asocia con el fondo marino (Olson & Backus, 1985; Le Fèvre, 1986; Acha et al., 2004, 2015; Albaina & Irigoien, 2004; Morgan et al., 2005). Dichas zonas con elevada concentración de clorofila-a, proveen mayor posibilidad de alimentación para eslabones superiores de la cadena trófica. Si consideramos todas las campañas juntas, estas zonas con picos de clorofila-a, coinciden con ciertas especies (por ejemplo, delfín austral,



tonina overa, delfines no identificados y delfines del género *Lagenorhynchus* no identificados). Particularmente las toninas overas se avistaron en el Estrecho de Magallanes, donde se obtuvieron los mayores valores de clorofila-a entre todos los transectos relevados, tal como han reportado otros autores (Lescrauwaet et al., 2000). Similar situación ocurrió con los delfines australes, quienes fueron avistados en zonas con valores altos de clorofila-a, pero en este caso sobre la plataforma continental al sur de América, lo que está en línea con lo planteado por otros autores (Gibbons et al., 2000; Van Waerebeek et al., 2010). Por otro lado, es importante destacar que las floraciones fitoplanctónicas en esta región ocurren entre noviembre y enero (Romero, 2009), lo cual coincide en parte con las fechas de los muestreos y las zonas donde se encontraron los mayores valores de clorofila-a. Las especies de delfines aquí mencionadas son oportunistas, y harían un aprovechamiento de los recursos según su disponibilidad, encontrándose principalmente en aguas protegidas y muy ricas como ser los canales fueguinos y los bosques de cachiyuyo (Viddi & Lescrauwaet, 2005; Dellabianca et al., 2016; Retana & Lewis, 2017). En este estudio también se encontraron variaciones en los valores entre las diferentes temporadas según los meses relevados, lo cual podría explicar los diferentes patrones de ocurrencia y distribución de cetáceos observados. Por ejemplo, en 2009 se trabajó en los meses de febrero y marzo, donde los valores máximos de clorofila-a fueron



inferiores en comparación a otras campañas donde se muestreó en diciembre y enero principalmente. Esto podría haber influido en un valor inferior de frecuencia de avistajes de 2009 con respecto a otras temporadas. Dicho año no se avistó ballenas franca austral ni sei, y sólo un pequeño número de ballenas jorobadas. Las ballenas jorobadas se destacaron por su ocurrencia en zonas de bajos valores de clorofila-a, en comparación al resto del área de estudio, y cercanas al Pasaje de Drake y principalmente a la costa Antártica, en el Estrecho de Bransfield y de Guerlache. Tal como se mencionó anteriormente, varios autores también encontraron una importante cantidad de avistajes y abundancia en el Estrecho de Bransfield, y encontraron que en dicha zona las ballenas jorobadas se distribuyen de acuerdo a las zonas con mayor cantidad de biomasa de krill (Aguiar & Vega, 2016; Weinstein et al., 2017).

Respecto a la relación entre la temperatura superficial del mar y la ocurrencia de cetáceos, la ballena franca austral se encontró en un rango de temperatura más amplio en comparación con las ballenas jorobadas y sei que fueron avistadas en zonas con valores de SST más acotados e inferiores. Las ballenas jorobadas fueron avistadas en valores de temperatura superficial del mar muy bajas (media de 1,7°C) lo cual coincidió con lo encontrado por Orgeira et al. (2017). Por otro lado, los delfines ocurrieron en temperaturas más altas aunque acotadas, excepto las orcas que fueron avistadas en zonas más diversas con un rango de



valores menores y más amplio. Los resultados con respecto a los rangos de la temperatura superficial del mar y la ocurrencia de cetáceos son esperables según los hábitos de vida de cada especie. En particular, estudios previos destacan que las especies cosmopolitas (como la orca) o migradoras (como la ballena sei) se encuentran en aguas con amplios rangos de temperatura (Bastida et al., 2009; Horwood, 2018). Mientras que las especies gregarias como el delfín oscuro (Garaffo et al., 2007), que habita aguas circumpolares frías, o las toninas overas, que habitan zonas específicas como son los estuarios o las desembocaduras de los ríos, se encuentran en rangos de temperatura más acotados a escala local (Coscarella et al., 2010; Retana & Lewis, 2017; Dellabianca et al., 2018).

En el continente Antártico, los avistajes fueron realizados mayormente cercanos a la costa y principalmente se observaron ballenas, (a excepción de las orcas). Por otro lado, cercano a las costas de América del Sur se observaron principalmente toninas overas y delfines australes, las cuales son consideradas especies costeras (Bastida et al., 2003; Van Waerebeek et al., 2010; Coscarella et al., 2010). Por su parte, los cachalotes y las ballenas francas, estas últimas durante el período de alimentación, son consideradas especies oceánicas (Perrin et al., 2002), lo cual coincide con los pocos avistajes registrados para estas especies durante este estudio.



Los frentes oceanográficos son zonas de interés económico, dado que concentran mayor producción primaria, secundaria y, en consecuencia, mayor abundancia de peces de interés comercial (Brandini et al., 2000; Alemany et al., 2016). Esto a su vez, atrae especies de niveles tróficos superiores, incluyendo, algunos cetáceos que son predadores tope (Bost et al., 2009; Piola & Falabella, 2009). Así mismo, los frentes propician vías por donde suelen ocurrir los cetáceos que realizan grandes migraciones, porque allí encuentran alimento, teniendo menor gasto de energía (Olson, 2002). Por otro lado, existen estudios que mencionan de un desacoplamiento espacio-temporal entre las zonas de frentes y la ocurrencia de los cetáceos (Alemany et al., 2016). Esto podría explicar en parte lo encontrado en este estudio, ya que algunas especies se asociaron a los frentes oceanográficos, pero a cierta distancia. Particularmente, los delfines australes se encontraron cerca de frentes oceanográficos, en zonas con altos valores de clorofila-a ubicadas sobre el quiebre de plataforma continental. Otras especies que podrían indicar una posible asociación con los frentes de SST son los delfines oscuros, sin embargo, se necesitarían más avistajes para poder confirmar esta asociación.



## CONCLUSIONES

- Las plataformas de oportunidad como herramienta de muestreo contribuyen a entender los patrones de distribución y la ecología de los cetáceos en zonas que son de difícil acceso para los investigadores. Este trabajo aporta nuevos registros de avistamientos de cetáceos en el ASO y el OA para los veranos australes del período 2006 – 2010.
- Las variaciones en la frecuencia de avistaje indican que no se encontró una relación proporcional entre el número de avistamientos y el esfuerzo de observación (en millas náuticas).
- Los patrones de distribución de cetáceos observados coincidió con el conocimiento existente.
- Los Mysticetos se asociaron a aguas frías del continente Antártico, profundas y con baja concentración de clorofila-a (excepto por la ballena franca austral).
- Los Odontocetos se asociaron a aguas templado-frías del continente Americano, poco profundas (excepto por las orcas), y con alta concentración de clorofila-a.
- La distancia entre los avistamientos y los frentes oceanográficos fue variable entre especies, no encontrándose patrones claros.



## PERSPECTIVAS

Para conocer la distribución de cetáceos y entender cómo ésta se relaciona con las condiciones ambientales y procesos oceanográficos, es necesario contar con series temporales de datos largas, especialmente cuando los mismos se obtienen utilizando barcos como plataformas de oportunidad. Es esencial contar con muestreos sistemáticos y establecer un diseño de muestreo a distancia (de transecto o de puntos) para avanzar más rápidamente hacia el conocimiento. Sin embargo, para poder realizar muestreos sistemáticos aún existen limitaciones logísticas, tales como la disponibilidad de los barcos de la Armada Nacional, además que conlleva un alto costo de muestreo. Para darle continuidad a este trabajo y generar resultados más robustos, sería fundamental construir un grupo de trabajo sólido, con integrantes capacitados en la obtención de datos, y fortalecer la coordinación con el Instituto Antártico Uruguayo y la Armada Nacional. Además, se deberían promover convenios con instituciones internacionales de investigación, cuyos barcos naveguen por aguas uruguayas, del Océano Atlántico Sudoccidental y del Océano Austral para usarlas como plataformas de oportunidad.

En este estudio se utilizaron imágenes satelitales para obtener datos ambientales. Sería ideal poder utilizar mediciones *in situ* para verificar si la resolución y precisión utilizadas arrojan los mismos resultados.



resolución de las imágenes satelitales utilizada en este estudio (es decir, imágenes de 4 km de celda compuestas por imágenes de 8 días), resultó en la pérdida de varios datos debido a la ausencia de información generados por la presencia de nubes en la zona de estudio. Sin embargo, monitorear *in situ* estas variables conlleva altos costos y existen varios trabajos que validan los datos satelitales con datos obtenidos *in situ* (e.g., Ullman & Cornillon, 2000). Por otro lado, también se podría explorar la relación entre la ocurrencia de cetáceos con otras variables ambientales tales como la salinidad y cercanía a los hielos, para tener un mejor entendimiento de la ecología de estas especies.



## BIBLIOGRAFÍA

ACHA E. M., Mianzan H. W., Guerrero R. A., Favero M. & Bava J. (2004) Marine fronts at the continental shelves of austral South America physical and ecological processes. *Journal of Marine Systems*, 44: 83–105.

ACHA E. M., Piola A., Iribarne O. & Mianzan H. (2015) Ecological Processes at Marine Fronts, Oases in the Ocean. Chapter 3. *Biology of Fronts*. Springer Briefs in Environmental Science. 13–32.

ALBAINA A. & IRIGOIEN X. (2004) Relationships between frontal structures and zooplankton communities along a cross-shelf transect in the Bay of Biscay (1995 to 2003). *Marine Ecology Progress Series*, 284: 65–75.

ALEMANY D., ACHA E. M. & IRIBARNE O. O. (2016) Distribution and intensity of bottom trawl fisheries in the Patagonian Shelf Large Marine Ecosystem and its relationship with marine fronts. *Fisheries Oceanography*, 25(2): 183–192.

ARRIGO K. R., Dijken G. L. & Bushinsky S. (2008) Primary production in the Southern Ocean, 1997–2006. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 113: 1–27.

ATKINSON A., Siegel V., Pakhomov E. & Rothery P. (2004) Long-term decline in krill stock and increase in salps within the Southern Ocean. *Letters to Nature*, 432: 100–103.



BALLESTEROS E. (2015) Estadística descriptiva univariante mediante el gráfico de caja y bigotes. Descriptive and univariate statistics using box-and-whisker plot. Dto. Sociología IV – Universidad Complutense Madrid.

BARRÉ N., Provost C. & Saraceno M. (2006) Spatial and temporal scales of the Brazil–Malvinas Current confluence documented by simultaneous MODIS Aqua 1.1-km resolution SST and color images. *Advances in Space Research*, 37: 770–786.

BASTIDA R. & Rodríguez D. (2003) Mamíferos marinos Patagonia Antártida. Buenos Aires: Vazquez Mazzini Editores.

BECKER E. A., Forney K. A., Foley D. G., Smith R. C., Moore T. J., & Barlow J. (2014) Predicting seasonal density patterns of California cetaceans based on habitat models. *Endangered Species Research*, 23: 1–22

BERTA A. (2015) Whales, dolphins & porpoises: A natural history and species guide. University of Chicago Press, Chicago, IL.

BOLTOVSKOY D., Gibbons M., Hutchings L. & Binet D. (1999) General biological features of the South Atlantic. En: D. Boltovskoy (Ed.), *South Atlantic Zooplankton*. Backhuys, Leiden: 1 – 42.

BOMBOSCH A., Zitterbart D. P., Van Opzeeland I., Frickenhaus, S., Burkhardt E., Wisz M. S. & Boebel O. (2014). Predictive habitat modelling of humpback (*Megaptera novaeangliae*) and Antarctic minke (*Balaenoptera bonaerensis*) whales in the Southern Ocean as a planning tool for seismic surveys. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 91(0), 101-114.



BOST C. A., Cotté C., Bailleul F., Cherel Y., Charrassin J. B., Guinet C., Ainley D. G. & Weimerskirch H. (2009) The importance of oceanographic fronts to marine birds and mammals of the southern oceans. *Journal of Marine Systems*, 78: 363–376.

BOY C., Dellabianca N., Goodall R.N.P., Schiavini A. (2011) Age and growth in Peale's dolphin (*Lagenorhynchus australis*) in subantarctic waters off southern South America. *Mammalian Biology*, 76: 634–639.

BRANDINI F., Boltovskoy D., Piolad A., Kocmurb S., Riittgkrs R, Abreug P. C. & Mendes R. (2000). Multiannual trends in fronts and distribution of nutrients and chlorophyll in the southwestern Atlantic (30-62'S). *Deep-Sea Research I*, 47: 1015–1033.

BUCKLAND S. T., Anderson D. R., Burnham K. P. & Laake J. L. (1993). *Distance Sampling: Estimating Abundance of Biological Populations*. Chapman and Hall, London.

CAYULA J. F. & Cornillon P. (1992) Edge Detection Algorithm for SST Images. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 9(1): 67-80.

CAYULA J. F. & Cornillon P. (1995) Multi-Image Edge Detection for SST Images. *American Meteorological Society*. Pp. 821-829.  
CROLL D. A., Tershy B. R., Hewitt R. P., Demer D. A., Fiedler P. C., Smith S. E., Armstrong W., Popp J. M., Kiekhefer T., Lopez V. R., Urban J. & Gendron D. (1998) An integrated approach to the foraging ecology of marine birds and mammals. *Deep-Sea Research II*, 45: 1353–1371.

CLARKE K. R. & WARWICK R. M. (1991) *Change in marine communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation* 2<sup>nd</sup> Edition. Capítulo 4.



COMMITTEE ON TAXONOMY (2018) List of marine mammal species and subspecies. Society for Marine Mammalogy, [www.marinemammalscience.org](http://www.marinemammalscience.org), Consultada en Febrero de 2019.

COSCARELLA M. A., Pedraza S. N., Crespo E. A. (2010) Behavior and seasonal variation in the relative abundance of Commerson's dolphin (*Cephalorhynchus commersonii*) in northern Patagonia, Argentina.

CRESPO E.A., Pedraza S.N., Coscarella M., Garcíal N.A., Dans S.L., Iñiguez M., Reyes L.M., Alonso M.K., Schiavini A.C.M., S & González R. (1997) Distribution and School Size of Dusky Dolphins, *Lagenorhynchus obscurus* (Gray, 1828), in the Southwestern South Atlantic Ocean. Report of the International Whaling Commission, 47: 693–697.

CURTICE C., Johnston D. W., Ducklow Gales N., Halpin P. N. & Friedlaender A. S. (2015) Modelling the spatial and temporal dynamics of foraging movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the Western Antarctic Peninsula. *Movement Ecology*, 3(1): 13.

DE LA FUENTE S. (2011) Componentes Principales ACP. Facultad de Ciencias Económicas Empresariales. Universidad Autónoma de Madrid.

DELLABIANCA N. A., Pierce G. J., Raya Rey A., Scioscia G., Miller D. L., Torres M.A., Paso Viola N., Goodall R.N.P., Schiavini A.C.M. (2016) Spatial Models of Abundance and Habitat Preferences of Commerson's and Peale's Dolphin in Southern Patagonian Waters. *PLOS ONE*, 11(10): e0163441.

DELLABIANCA N.A., Torres M.A. & Raya Rey A. (2018) Occurrence of dusky dolphin *Lagenorhynchus obscurus* in Tierra Del Fuego archipelago over five decades. *Polar Biology*, 41: 1895–1900.



DUNN J., Still R. & Harrop H. (2012) Britain's sea mammals: Whales, dolphins, porpoises and seals, and where to find them. Britain's Wild Guides Ltd. Kindle Edition.

EVELETH R., Cassar N., Sherrell R. M., Ducklowd H., Meredith M.P., Venables H.J., Lin Y. & Li Z. (2017) Ice melt influence on summer time net community production along the Western Antarctic Peninsula. Deep-Sea Research II, 139: 89–102.

GARAFFO G.V., Dans S. L., Pedraza S.N., Crespo E. A. & Degradi M. (2007) Habitat use by dusky dolphin in Patagonia: how predictable is their location? Marine Biology, 152(1): 165–177.

GIBBONS J., Gazitúa F. & Venegas C. (2000) Cetáceos en el estrecho de Magallanes y senos Otway, Skyring y Almirantazgo. Anales Instituto Patagonia, Serie Ciencias Naturales (Chile), 28: 107–118.

HAMMER Ř., Harper D. A. T. & Ryan P. D. (2001). PAST: PAleontological STatistics Software Package for Education and Data Analysis. Paleontología electronica, 4(1): art. 4: 9pp. [http://palaeo-electronica.org/2001\\_1/past/issue1\\_01.htm](http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm)

HOELZEL A. R. (1998) Genetic Structure of Cetacean Populations in Sympatry, Parapatry, and Mixed Assemblages: Implications for Conservations Policy. Journal of Heredity, 89(5): 451–458.

HOOGE P. N., Eichenlaub W. M. & Solomon E. K. (2000) Using GIS to Analyze Animal Movements in the Marine Environment. Spatial Processes and Management of Marine Populations. Alaska Sea Grant College Program, Anchorage Alaska, 37–51.



HORWOOD J. (2018) Sei Whale: *Balaenoptera borealis*. En: *Encyclopedia of marine mammals* (3<sup>ra</sup> edición), Würsig B., Thewissen J. G. M. & Kovacs K. M. (eds.), Academic Press, p. 845–847.

JOHNSTON D. W., Chapla M. E, Williams L. E. & Mattila D. K (2007) Identification of humpback whale *Megaptera novaeangliae* wintering habitat in the Northwestern Hawaiian Islands using spatial habitat modelling. *Endangered Species Research*, 3(3): 249–257.

JOLLIFFE I.T. (2005) *Principal Component Analysis* (2<sup>da</sup> edición). Springer.

JUNGBLUT S., Nachtsheim D. A., Boos K. & Joiris C. R (2017) Biogeography of top predators – seabirds and cetaceans – along four latitudinal transects in the Atlantic Ocean. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 141: 59–73.

LAIDRE K. L., Heide-Jorgensen M. P., Heagerty P., Cossio A., Bergström Bo. & Simon M. (2010) Spatial associations between large baleen whales and their prey in West Greenland. *Marine Ecology Progress Series*, 402: 269–284.

LAVERY T. J., Roudnew B., Seymour J., Mitchell J. G., Smetacek V. & Nicol, S. (2014) Whales sustain fisheries: Blue whales stimulate primary production in the Southern Ocean. *Marine Mammal Science*, 30(3): 888–904.

LEAPER R., Bannister J. L., Branch T. A., Clapham P. J., Donovan G. P., Matsuoka K., Reilly S. & Zerbini A.N. (CONVENOR) (2008) A review of abundance, trends and foraging parameters of baleen whales in the



Southern Hemisphere. Paper SC/60. EM3 presentado en el IWC Scientific Committee Junio.

LE FÉVRE J., 1986. Aspects of the biology of frontal systems. *Advances in Marine Biology*, 23: 163–299.

LERCZAK J. A. & Hobbs R. C. (1998) Calculating sighting distances from angular readings during shipboard, aerial, and shore-based marine mammal surveys. *Marine Mammal Science*, 14(3): 590–599.

LESCRAUWAET A-C., Gibbons J., Guzman L.&Schiavini A. (2000) Abundance estimation of Commerson's dolphin in the eastern area of the Strait of Magellan-Chile. Estimación de abundancia de tonina overa en el sector oriental del Estrecho de Magallanes, Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 73(3): 473–478.

MERRICK R. L. (1997) Current and Historical Roles of Apex Predators in the Bering Sea Ecosystem. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science*, 22: 343–355.

MORAES C.G., BarretoA. S. & Sperb R. M. (2004) Sistema de Informações Geográficas para dados de encalhes e avistagens de Cetáceos. II Workshop de Tecn. da Inf. aplicada ao Meio Ambiente – CBCComp2004 \_Sistemas de Informações Geográficas: 820–822.

MORGAN C. A., De Robertis A., Zabel R. W. (2005) Columbia River plume fronts. I. Hydrography, zooplankton distribution, and community composition. *Marine Ecology Progress Series*, 299: 19–31.

MUN J. (2015) Box Plot and Box-and-Whisker Plot (2P). ROV Technical Papers Series: Volume 61. [www.realoptionsvaluation.com](http://www.realoptionsvaluation.com)



NICOL S., Worby A. & Leaper R. (2008) Changes in the Antarctic sea ice ecosystem: potential effects on krill and baleen whales. *Marine and Freshwater Research*, 59: 361–382.

NICOL S. (2015) Krill, Currents, and Sea Ice: *Euphausia superba* and Its Changing Environment. *BioScience*, 56(2): 111–120.

NOWACEK D. P., Friedlaender A. S., Halpin P. N., Hazen E. L., Johnston D. W., Read A. J., Espinasse B., Zhou M. & Zhu Y. (2011) Super-Aggregations of Krill and Humpback Whales in Wilhelmina Bay, Antarctic Peninsula. *PLoS ONE*, 6(4): e19173.

OLSON D. B. (2002) Chapter 5. Biophysical Dynamics of Ocean Fronts. *The sea*, 12: 187–218.

OLSON D. B. & Backus R. H. (1985) The concentrating of organisms at fronts: A cold-water fish and a warm-core Gulf Stream ring. *Journal of Marine Research*, 43: 113–137.

OLSON D. B., Podesta G. P., Evans I. R. H. & Brown O. B. (1988) Temporal variations in the separation of Brazil and Malvinas Currents. *Deep-Sea Research*, 35 (12): 1971–1990.

OPPEL S., Meirinho A., Ramírez I., Gardner B., O'Connell A. F., Miller P. I. & Louzao M. (2012) Comparison of five modelling techniques to predict the spatial distribution and abundance of seabirds. *Biological Conservation*, 156: 94–104.

ORGEIRA J. L., González J. C., Jiménez Y. G. & Benítez L. M. (2017) Occurrence of Fin and Humpback whales in the Scotia Sea and the protected marine area of the South Orkney Islands, Antarctica. *Mastozoología Neotropical*, 24(1): 135–143.



ORSI A. H, Whitworth T. & Nowlin W. D. (1995) On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current. *Deep-Sea Research I*, 42(5): 64–673.

PERRIN W. F., Wiirsig B. & Thewissen J. G. M., (2002) *Encyclopedia of Marine Mammals*. Academic Press, An Imprint of Elsevier. 1–6; 30–36.

PIOLA R. & Falabella V. (2009) *El Mar Patagónico. The Patagonian Sea. Atlas del Mar Patagónico*.

[oceanografiagralfis.at.fcen.uba.ar/Seminarios/17\\_Piola\\_Falabella\\_2009.pdf](http://oceanografiagralfis.at.fcen.uba.ar/Seminarios/17_Piola_Falabella_2009.pdf)

POZO Vázquez D., Atae-Allah C. & Luque Escamilla P. L. (1998) Entropic Approach to Edge Detection for SST Images. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 16: 970–979.

PRADO J.H.F., Mattos P.H., Silva K.G., Secchi E.R. (2016) Long-Term Seasonal and Interannual Patterns of Marine Mammal Strandings in Subtropical Western South Atlantic. *PLoS ONE*, 11(1): e0146339. doi:10.1371/journal.pone.0146339

R CORE TEAM (2018). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>

RATNARAJAH L., Bowie A. R., Lannuzel D., Meiners K. M. & Nicol S, (2014) The Biogeochemical Role of Baleen Whales and Krill in Southern Ocean Nutrient Cycling. *PLoS ONE*, 9(12): e114067.



REID J. L., Noowlin W. D. & Patzert W. C. (1977) On the Characteristics and Circulation of the Southwestern Atlantic Ocean. *Journal of Physical Oceanography*, 7: 62–91.

RETANA M.V. & Lewis M.N. (2017) Suitable habitat for marine mammals during austral summer in San Jorge Gulf, Argentina. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, 52(2): 275–288.

RODRIGO C. (2008) La Corriente Circumpolar Antártica y su influencia en el clima. *Boletín Antártico Chileno*, 27(2): 15–16.

ROMERO S. I., Piola, A. R., Charo, M., Garcia, C. A. E. (2006) Chlorophyll-a variability off Patagonia based on seawiFS data. *Journal of Geophysical Research*, 111: C05021.

ROSSI-SANTOS M., Wedekin L. L. & Sousa-Lima R. S. (2006) Distribution and habitat use of small cetaceans Off abrolhos bank, eastern Brazil. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 5(1): 23–28.

SANTORA J. A., Reiss C.R., Loeb V.J. & Veit R.R. (2010) Spatial association between hotspots of baleen whales and demographic patterns of Antarctic krill *Euphausia superba* suggests size dependent predation. *Marine Ecology Progress Series*, 405: 255–269.

SANTORA J. A. (2012) Habitat use of hourglass dolphins near the South Shetland Islands, Antarctica. *Polar Biology*, 35(5): 801–806.

SECCHI E.R., Dalla Rosa L., Kinas P.G., Nicolette R.F., Rufino A.M.N & Azevedo A.F. (2011) Encounter rates and abundance of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in Gerlache and Bransfield Straits, Antarctic Peninsula. *Journal of Cetacean Research and Management (special issue)*, 3: 107–111.



SHIRIHAI H. and Jarrett B. (2015) Whales, dolphins and seals. A Field Guide to the Marine Mammals of the World. 25–30.

SIROVIC A., Hildebrand J.A. & Thiele D. (2006) Baleen whales in the Scotia Sea during January and February 2003. *Journal of Cetacean Research and Management*, 8(2): 161–171.

SMITH R., Baker K., Dierssen H., Stammerjohn S. & Vernet M. (2001) Variability of Primary Production in an Antarctic Marine Ecosystem as Estimated Using a Multi-Scale Sampling Strategy. *American Zoologist*, 41: 40–56.

STEVICK P. T., Aguayo A., Allen J., Avila I. C., Capella J., Castro C., Chater K., Dalla rosa L., Engel M. H., Félix F., Flórez-González L., Freitas A., Haase B., Llanou M., Lodi L., Munoz E., Olavarría C., Secchi E., Scheidat M. & Siciliano S. (2004) Migrations of individually identified humpback whales between the Antarctic Peninsula and South America. *Journal of Cetacean Research and Management*, 6(2): 109–113.

STRASS V. H., Naveira Garabatob A. C., Pollard R. T., Fischera H. I., Hensea I., Allend J. T., Readd J. F., Leachb H. & Smetacek V. (2002) Mesoscale frontal dynamics: shaping the environment of primary production in the Antarctic Circumpolar Current. *Deep-Sea Research II*, 49: 3735–3769.

ULLMAN D.S. & CORNILLON P.C. (2000) Evaluation of front detection methods for satellite-derived SST data using *in situ* observations. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 17(12): 1667–1675.

VAN WAEREBEEK K.V., Leaper R., Baker A. N., Papastavrou V., Thiele D., Findlay K. Donovan G. & Ensor P. (2010) Odontocetes of the Southern



Ocean Sanctuary. *Journal of Cetacean Research and Management*, 11(3): 315–346.

VIDDI F. A. & Lescrauwaet A-K. (2005) Insights on Habitat Selection and Behavioural Patterns of Peale's Dolphins (*Lagenorhynchus australis*) in the Strait of Magellan, Southern Chile. *Aquatic Mammals*, 31(2): 176–183.

WEINSTEIN B.G., Double M., Gales N., Johnston D.W., Friedlaender A.S. (2017) Identifying overlap between humpback whale foraging grounds and the Antarctic krill fishery. *Biological Conservation*, 210(Part A): 184–191.

WEIR C. R. & Black A. (2018) Records of the dusky dolphin (*Lagenorhynchus obscurus*) in the Falkland Islands, including associations with Peale's dolphin (*L. australis*). *Marine Biodiversity Records*, 11: 18.

WILLIAMS R., Hedley S. L. & Hammond P. S. (2006) Modeling Distribution and Abundance of Antarctic Baleen Whales Using Ships of Opportunity. *Ecology and Society*, 11(1): 1. <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art1> <http://www.ecologyandsociety.org/vol11/iss1/art1>

WILLIS J. (2014) Whales maintained a high abundance of krill; both are ecosystem engineers in the Southern Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 513: 51–69.

WOLD S., Esbensen K. & Geladi P. (1987) *Principal Component Analysis. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam - Printed in The Netherlands. 2<sup>nd</sup> Edition 37–52.

ZERBINI A. N., Andriolo A., Heide-Jørgensen M. P., Pizzorno J. L., Maia Y. G., VanBlaricom G. R., DeMaster D. P., Simões-Lopes P. C., Moreira



S. & Bethlem C. (2006) Satellite-monitored movements of humpback whales *Megaptera novaeangliae* in the Southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 313: 295–304.

ZERBINI A. N., Friday N. A., Palacios D. M., Waite J. M., Ressler P. H., Rone B. K, Moore S.E. & Clapham P. J. (2016) Baleen whale abundance and distribution in relation to environmental variables and prey density in the Eastern Bering Sea. *Deep-Sea Research II*, 134: 312–330.



## ANEXO A: Detalles generales de campañas realizadas y listado de especies de cetáceos del ASO y OA

Tabla A1. Descripción de los observadores por temporada.

Campaña	Temporada	Fecha	Embarcación	Observadores
1	2006 - 2007	28/12/2006 al 12/02/2007	ROU 04	Cecilia Passadore Maria Nube Szephegyi
2	2007 - 2008	03/01/2008 al 28/01/2008	ROU 26 Vanguardia	Cecilia Passadore Maria Nube Szephegyi Mariana Ríos Micaela Trimble
3	2008 - 2009	30/01/2009 al 10/03/2009	ROU 04	Cecilia Passadore Maria Nube Szephegyi Andrés Ligrone Federico Reyes Ignacio Moreno (Brasil)
4	2009 - 2010	08/01/2010 al 07/02/2010	ROU 26 Vanguardia	Cecilia Passadore Maria Nube Szephegyi Andrés Ligrone Federico Reyes Rosina Píriz



Figura A1. Grupo de observadores Campaña N°4.



**Tabla A2.** Lista de especies de cetáceos posibles de ser avistados en el Océano Atlántico Sudoccidental (ASO) y el Océano Austral. Se muestran los nombres científicos y los correspondientes nombres comunes. En negrita se resaltan las especies avistadas en este estudio.

Nombre científico	Nombre común	Grupo
<i>Balaenoptera acutorostrata</i>	Ballena Minke Enana	Mysticeto
<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	Ballena Minke Antártica	Mysticeto
<b><i>Balaenoptera borealis</i></b>	<b>Ballena Sei</b>	<b>Mysticeto</b>
<i>Balaenoptera edeni</i>	Ballena de Bryde	Mysticeto
<i>Balaenoptera musculus</i>	Ballena Azul	Mysticeto
<i>Balaenoptera physalus</i>	Ballena Fin	Mysticeto
<i>Caperea marginata</i>	Ballena Pigmea	Mysticeto
<b><i>Eubalaena australis</i></b>	<b>Ballena Franca Austral</b>	<b>Mysticeto</b>
<b><i>Megaptera novaeangliae</i></b>	<b>Jorobada o Yubarta</b>	<b>Mysticeto</b>
<i>Berardius arnuxii</i>	Ballena Rostrada o Zifio de Arnoux	Odontoceto
<b><i>Cephalorhynchus commersonii</i></b>	<b>Tonina Overa</b>	<b>Odontoceto</b>
<i>Delphinus capensis</i>	Delfín de Pico Largo	Odontoceto
<i>Delphinus delphis</i>	Delfín Común de Pico Corto	Odontoceto
<i>Globicephala melas</i>	Delfín Piloto o Calderón de aletas largas	Odontoceto
<i>Grampus griseus</i>	Delfín de Risso	Odontoceto
<i>Hyperoodon planifrons</i>	Ballena o Zifio nariz de Botella Austral	Odontoceto
<i>Kogia breviceps</i>	Cachalote Pigmeo	Odontoceto
<i>Kogia sima</i>	Cachalote Enano	Odontoceto
<i>Lagenodelphis hosei</i>	Delfín de Fraser	Odontoceto
<b><i>Lagenorhynchus australis</i></b>	<b>Delfín Austral</b>	<b>Odontoceto</b>
<i>Lagenorhynchus cruciger</i>	Delfín Cruzado	Odontoceto
<b><i>Lagenorhynchus obscurus</i></b>	<b>Delfín Oscuro</b>	<b>Odontoceto</b>
<i>Lissodelphis peronii</i>	Delfín liso Austral	Odontoceto
<i>Mesoplodon bowdoini</i>	Zifio de Anderson	Odontoceto
<i>Mesoplodon grayi</i>	Ballena Rostrda o Zifio de Gray	Odontoceto
<i>Mesoplodon hectori</i>	Ballena Rostrda o Zifio de Hector	Odontoceto
<i>Mesoplodon layardii</i>	Ballena Rostrada o Zifio de Layard	Odontoceto
<b><i>Orcinus orca</i></b>	<b>Orca</b>	<b>Odontoceto</b>
<i>Phocoena dioptrica</i>	Marsopa de Anteojos	Odontoceto
<i>Phocoena spinipinnis</i>	Marsopa Espinosa	Odontoceto
<b><i>Physeter macrocephalus</i></b>	<b>Cachalote</b>	<b>Odontoceto</b>
<i>Pontoporia blainvillei</i>	Franciscana	Odontoceto
<i>Pseudorca crassidens</i>	Falsa Orca	Odontoceto
<i>Stenella attenuata</i>	Delfín Moteado Pantropical	Odontoceto
<i>Stenella coeruleoalba</i>	Delfín Listado	Odontoceto
<i>Steno bredanensis</i>	Delfín de Dientes Rugosos	Odontoceto



<i>Tasmacetus shephardi</i>	Ballena Rostrada o Zifio de Shepherd	Odontoceto
<i>Tursiops truncatus</i>	<b>Delfín Nariz de Botella o Tonina</b>	<b>Odontoceto</b>
<i>Ziphius cavirostris</i>	Zifio de Cuvier	Odontoceto

**Figura A2.** Fotos de algunas de las especies avistadas.

***Balaenoptera borealis***



Imagen extraída de Shirihi & Jarrett, 2015. Pagina 57.

***Eubalaena australis***



Imagen extraída de Basilda & Rodríguez, 2003. Página 76.



Imagen extraída de Basilda & Rodríguez, 2003. Página 75.

***Megaptera novaengliae***



Imagen extraída de Basilda & Rodríguez, 2003. Página 111.



Imagen extraída de Berta, 2015. Página 105.



***Cephalorhynchus commersonii***  
Foto Mag. Andrés Ligrone



Foto Dr. Maria Cecilia Passadore

***Lagenorhynchus australis***



Imagen extraída de Bastida & Rodríguez; 2003, Página 152.



*Lagenorhynchus obscurus*



Imagen extraída de Bastida & Rodríguez, 2003, Página 148.



Imagen extraída de Shirihai & Jarrett, 2015, Página 69.

*Orcinus orca*



Imagen extraída de Berta, 2015, Página 2.

*Piseter macrocephalus*



Imagen extraída de Berta, 2015, Página 189.

*Tursiops truncatus*



Imagen extraída de Dunn et al, 2010



## ANEXO B: Muestreo efectivo y avistajes acumulados por día

**Tabla B1.** Detalle diario de horas de muestreo efectivo y avistajes realizados durante la campaña 2006-2007.

FECHA	ESFUERZO EFECTIVO (horas)	ESFUERZO EFECTIVO (mn)	N° DE AVISTAJES (muestreo efectivo)	FREC. AVISTAJE EFECTIVO (N° AVIST./mn)
28/12/2006	1,03	11,987	0	0
29/12/2006	3,82	39,09	0	0
30/12/2006	3,98	45,27	2,00	0,044
31/12/2006	0,57	6,80	0	0
02/01/2007	7,83	88,77	15	0,169
03/01/2007	5,23	62,83	4	0,064
06/01/2007	4,32	34,98	13	0,372
07/01/2007	2,18	24,02	2	0,083
08/01/2007	3,63	31,18	1	0,032
10/01/2007	2,00	17,33	4	0,231
11/01/2007	2,68	25,89	2	0,077
12/01/2007	0,40	3,32	0	0
14/01/2007	5,85	57,34	13	0,227
21/01/2007	2,58	25,48	3	0,118
26/01/2007	5,03	62,38	2	0,032
27/01/2007	5,30	67,91	1	0,015
07/02/2007	1,77	18,80	2	0,106
08/02/2007	2,07	24,14	5	0,207
09/02/2007	9,02	100,68	3	0,030
10/02/2007	5,57	61,19	0	0
11/02/2007	2,98	32,31	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>77,85</b>	<b>841,68</b>	<b>72,00</b>	<b>0,09</b>

**Tabla B2.** Detalle diario de horas de muestreo efectivo y avistajes realizados durante la campaña 2008.

FECHA	ESFUERZO EFECTIVO (horas)	ESFUERZO EFECTIVO (mn)	N° DE AVISTAJES (muestreo efectivo)	FREC. AVISTAJE EFECTIVO (N° AVIST./mn)
04/01/2008	10,00	128,146	4	0,031
05/01/2008	7,83	82,046	0	0,000
06/01/2008	7,78	99,24	5	0,050
07/01/2008	1,30	14,068	1	0,071
11/01/2008	4,50	55,208	1	0,018
12/01/2008	10,10	132,373	16	0,121
15/01/2008	5,23	66,884	14	0,209
16/01/2008	10,95	140,025	5	0,036
17/01/2008	7,10	95,567	4	0,042
18/01/2008	5,45	73,227	2	0,027
23/01/2008	4,60	71,922	8	0,111



24/01/2008	4,03	54,742	3	0,055
27/01/2008	0,52	6,355	0	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>79,40</b>	<b>1019,80</b>	<b>63,00</b>	<b>0,062</b>

**Tabla B3.** Detalle diario de horas de muestreo efectivo y avistajes realizados durante la campaña 2009.

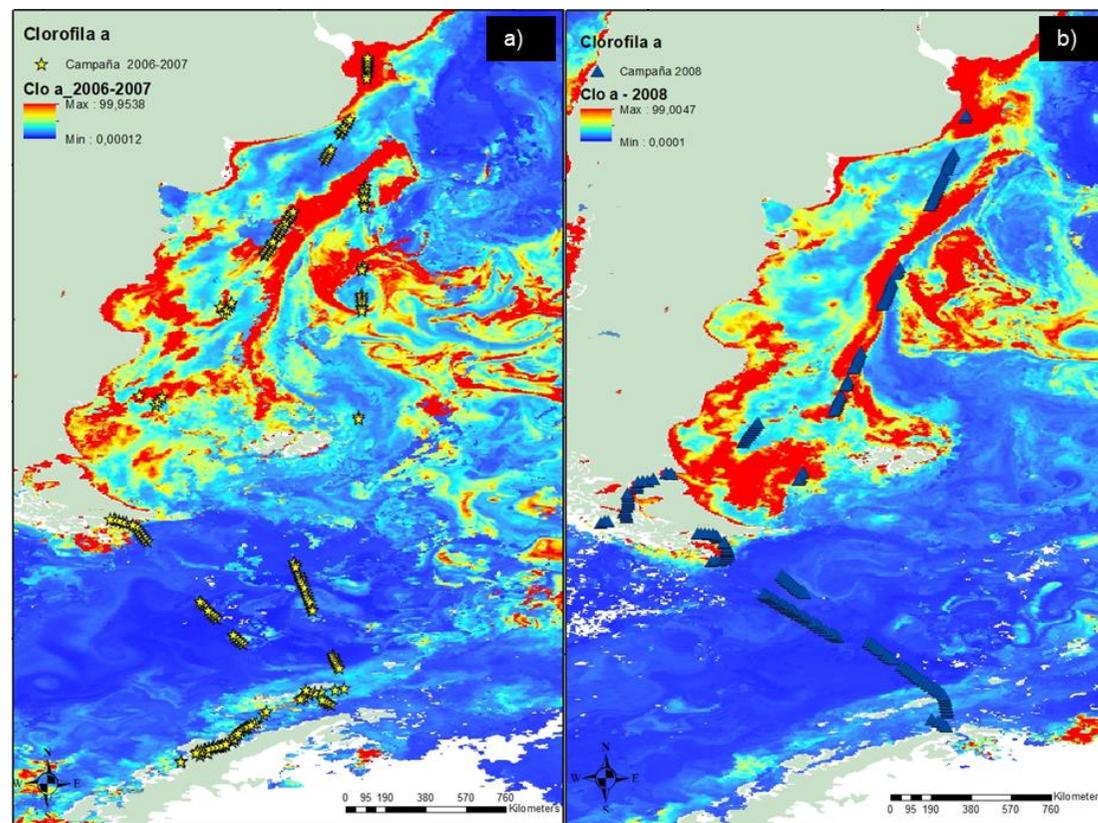
FECHA	ESFUERZO EFECTIVO (horas)	ESFUERZO EFECTIVO (mn)	N° DE AVISTAJES (muestreo efectivo)	FREC. AVISTAJE EFECTIVO (N° AVIST./mn)
01/02/2009	4,50	40,05	3	0,075
02/02/2009	3,02	35,65	0	0,000
03/02/2009	6,53	79,69	5	0,063
04/02/2009	4,75	53,09	1	0,019
05/02/2009	4,73	50,17	4	0,080
08/02/2009	2,48	29,61	1	0,034
09/02/2009	9,90	111,50	7	0,063
15/02/2009	2,75	24,16	5	0,207
26/02/2009	1,23	13,47	1	0,074
27/02/2009	3,68	40,54	0	0,000
06/03/2009	7,55	79,35	3	0,038
07/03/2009	1,52	15,67	0	0,000
09/03/2009	5,25	54,58	0	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>57,90</b>	<b>627,53</b>	<b>30,00</b>	<b>0,048</b>

**Tabla B4.** Detalle diario de horas de muestreo efectivo y avistajes realizados durante la campaña 2010.

FECHA	ESFUERZO EFECTIVO (horas)	ESFUERZO EFECTIVO (mn)	N° DE AVISTAJES (muestreo efectivo)	FREC. AVISTAJE EFECTIVO (N° AVIST./mn)
08/01/2010	1,33	18,533	1	0,054
09/01/2010	1,35	17,79	1	0,056
10/01/2010	8,60	117,50	9	0,077
11/01/2010	1,00	7,80	0	0,000
15/01/2010	3,83	52,72	2	0,038
23/01/2010	2,50	37,20	5	0,134
24/01/2010	1,70	24,16	2	0,083
31/01/2010	0,78	10,09	2	0,198
01/02/2010	4,23	65,42	2	0,031
02/02/2010	2,65	30,03	0	0,000
03/02/2010	1,77	25,98	0	0,000
04/02/2010	1,03	14,01	0	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>30,78</b>	<b>421,21</b>	<b>24,00</b>	<b>0,057</b>



## ANEXO C: Mapas de variables ambientales y derrotas realizadas en cada campaña



**Figura C1.** Mapa de clorofila-a con la localización de las derrotas (2 puntos = 1 transecto) realizadas en las distintas campañas: **a)** 2006-2007, **b)** 2008, **c)** 2009, y **d)** 2010. Los valores de clorofila-a se indican a través de la graduación de colores mostrada en la leyenda.



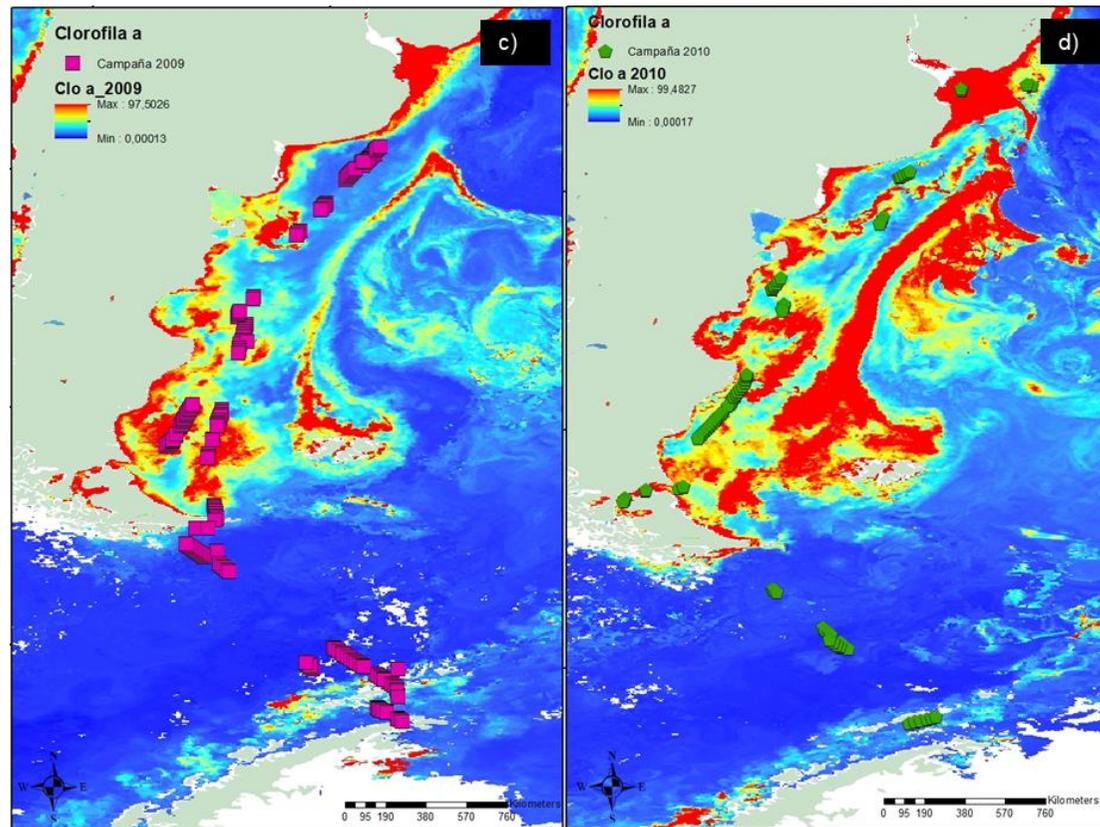
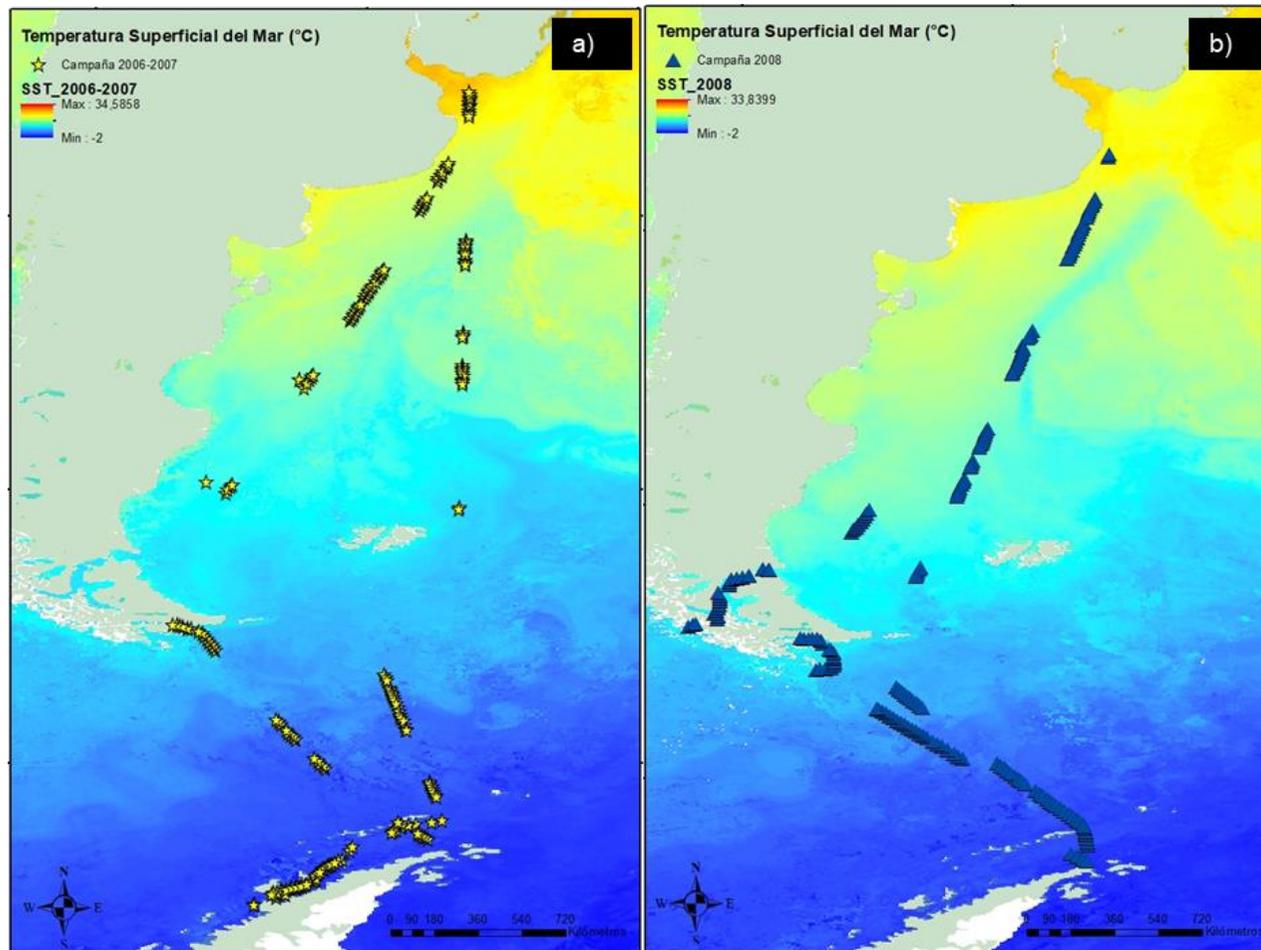


Figura C1. (Continuación)





**Figura C2.** Mapa de temperatura superficial del mar con la localización de las derrotas (2 puntos = 1 transecto) realizadas en las distintas campañas: a) 2006-2007, b) 2008, c) 2009, y d) 2010. Los valores de temperatura a se indican a través de la graduación de los colores mostrada en la leyenda.



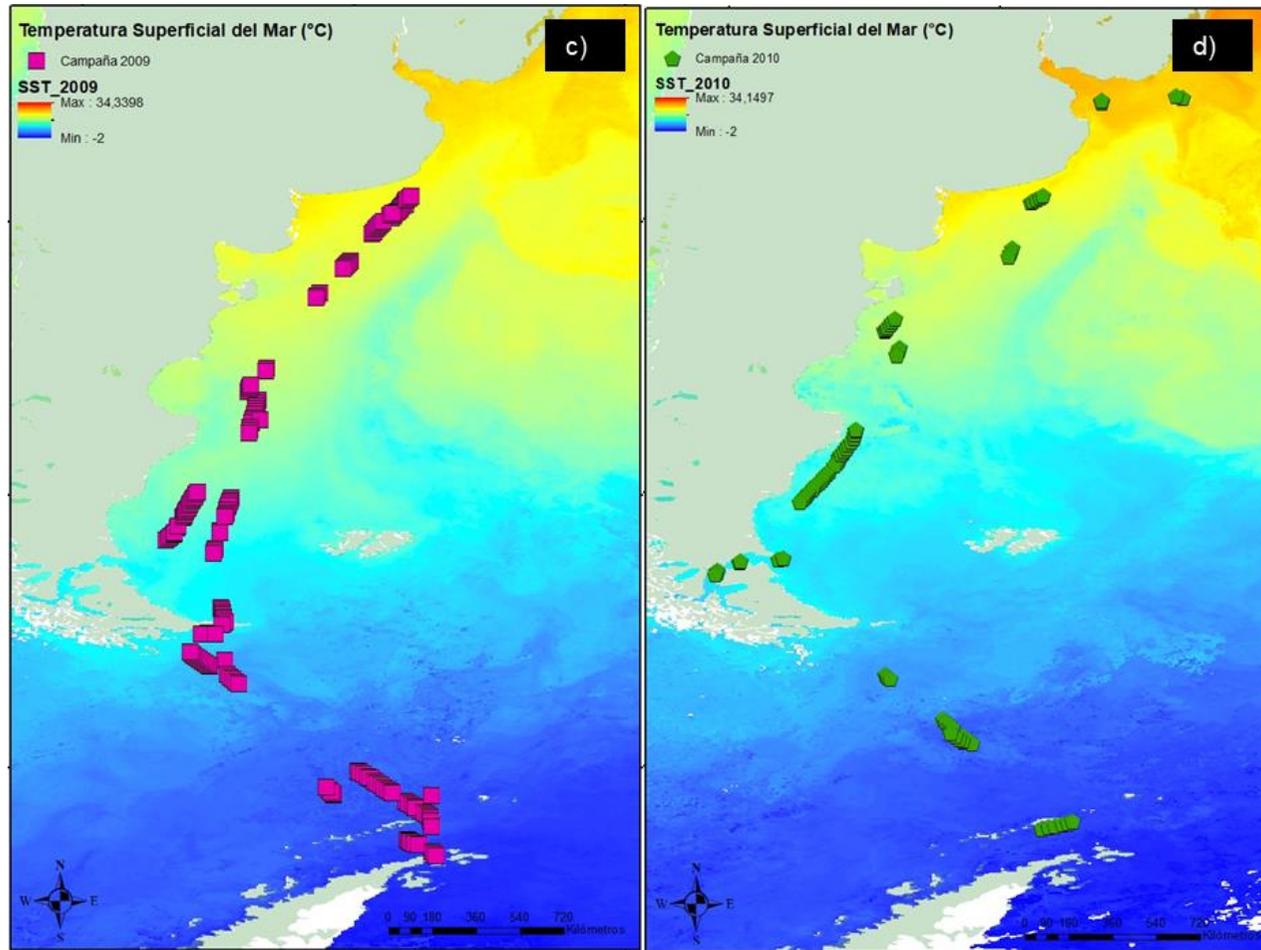
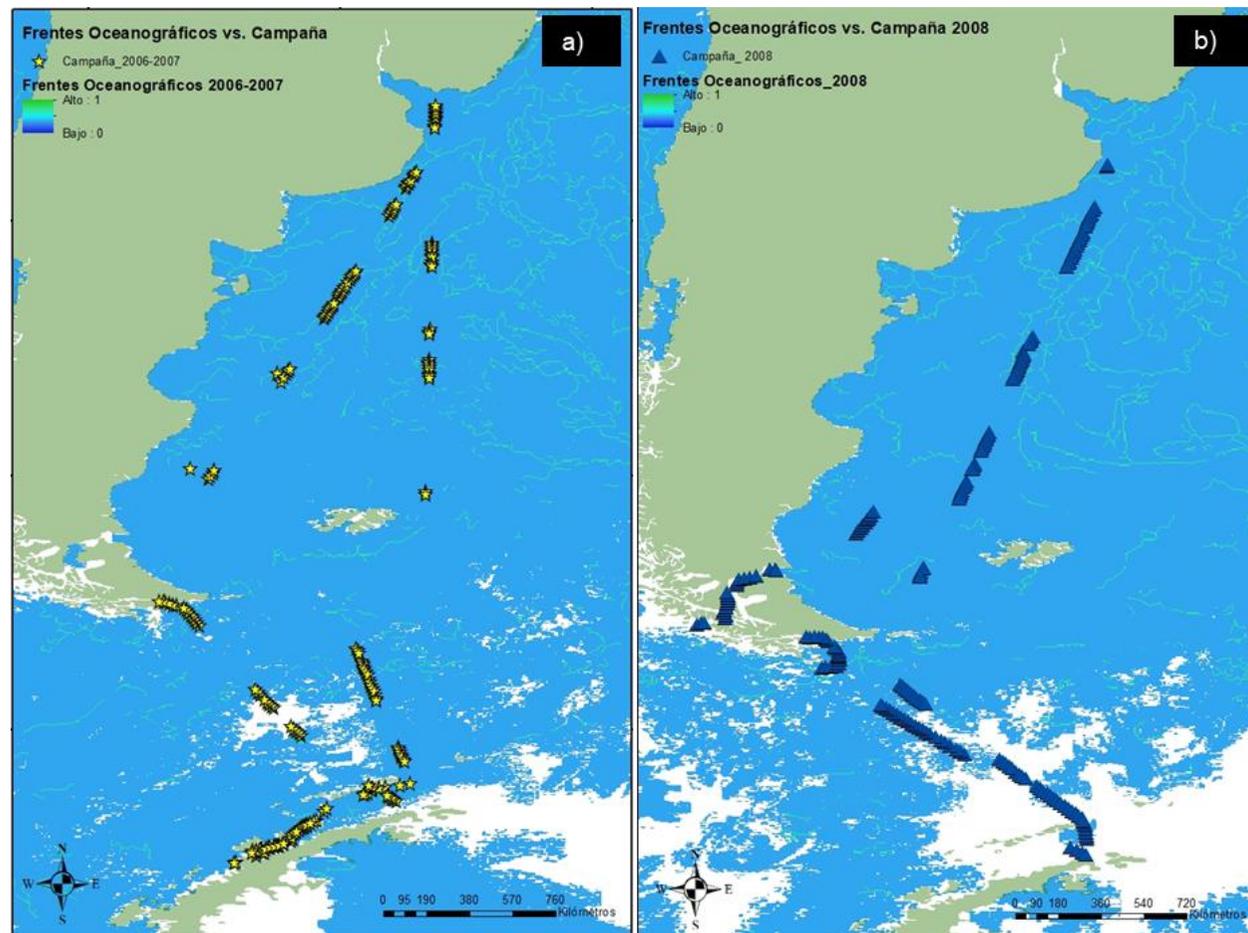


Figura C2. (Continuación)





**Figura C3.** Mapa donde se muestra la ubicación de los frentes oceanográficos y las derrotas (2 puntos = 1 transecto) realizadas en las distintas campañas: **a)** 2006-2007, **b)** 2008, **c)** 2009, y **d)** 2010. Los frentes oceanográficos son zonas donde la temperatura superficial del agua varió más de 1°C, su localización se indica con líneas verdes.



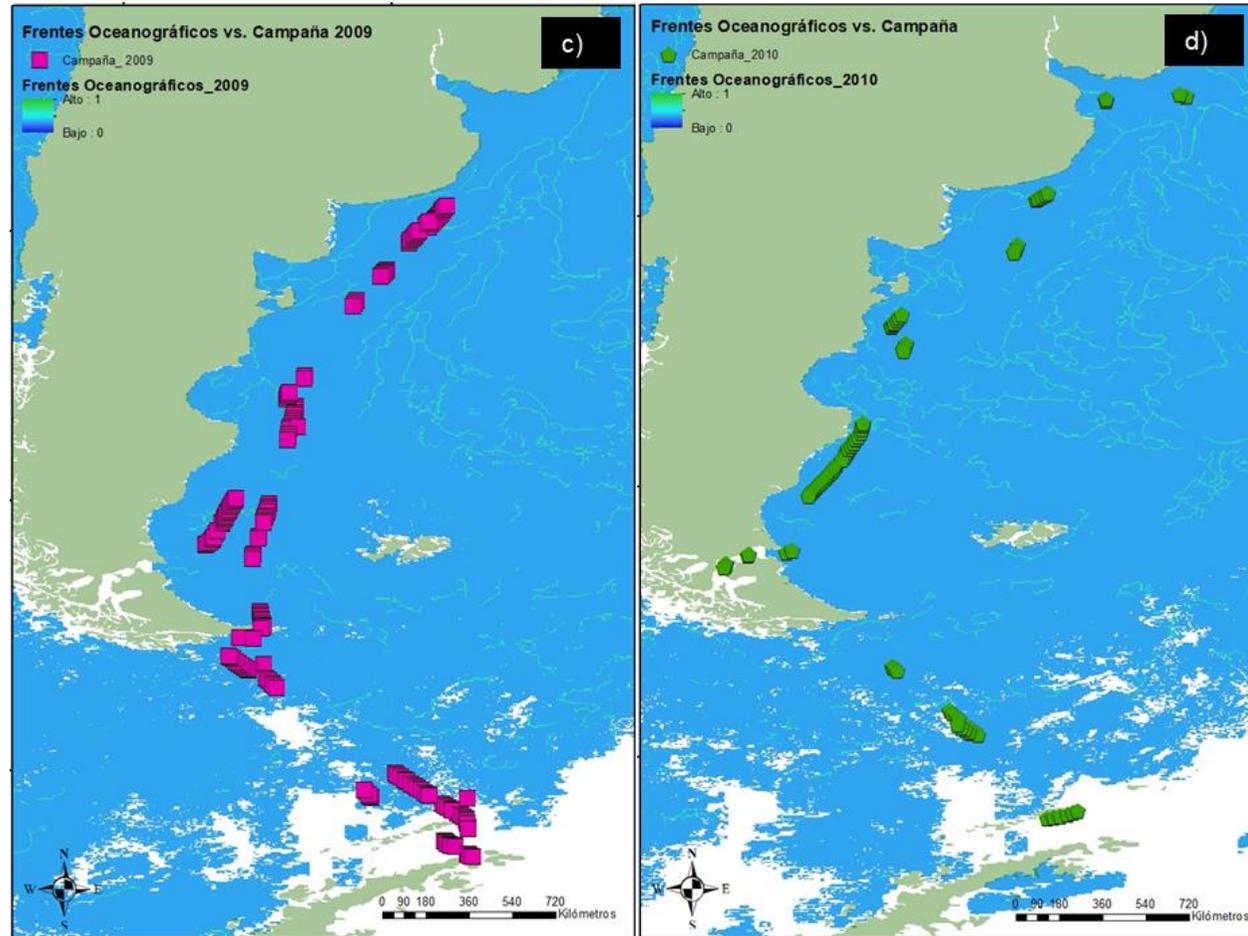


Figura C3. (Continuación)

