



**Análisis de las tasas de encuentro de ballena jorobada
(*Megaptera novaeangliae*) y ballena fin (*Balaenoptera physalus*)
en la Península Antártica y Mar del Scotia**

Ziliotto Sofía

000174486

Trabajo final de carrera

Licenciatura en Ciencias Biológicas

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Universidad de Belgrano

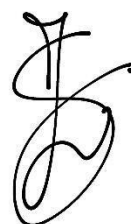
Tutores:

Lic. Eliana Zuazquita

Dra. Fernanda Vázquez.

Lugar de Trabajo: Fundación Cethus, Sede Olivos.

2026, Buenos Aires.



Agradecimientos:

A Cami y Mati, que me cuidaron como una hermana menor, pero siempre creyeron en mí como alguien capaz de llegar lejos.

A Sofi y Cande, por celebrar cada pequeño logro y acompañarme incondicionalmente durante todos estos años.

A Ale, Jose, Mar, Rami y Patrick, quienes no solo fueron mis compañeros de facultad, sino que se convirtieron en grandes amigos.

A Eli, por confiar en mí desde el primer momento y alentarme a realizar este estudio sobre un tema tan complejo y fascinante como el mundo de las ballenas.

A Fer, que apareció con su materia en un momento en el que me sentía muy perdida y me impulsó a seguir adelante, devolviéndome las ganas y la confianza para continuar con la carrera.

A Miguel y Vane, por mostrarme todo lo que podía aprender sobre los delfines y las ballenas. Gracias por inspirarme a seguir creciendo.

A todos los que forman parte de la fundación, que con el tiempo se convirtieron en más que compañeros de trabajo.

Y, por último, a las personas más importantes de mi vida: mis papás. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba y confiar en que este era mi sueño. Nada de esto habría sido posible sin el amor incondicional, el esfuerzo y un hogar al que siempre pude volver cuando sentía que no podía más.

Índice:

1. Resumen.....	4
2. Introducción.....	5
3. Marco Teórico.....	6
a. Características de los cetáceos.....	6
b. Mysticetos.....	7
i. Migración.....	8
ii. Ecología trófica.....	9
iii. Rol ecológico de las ballenas como transportadoras de nutrientes.....	9
iv. La caza de ballenas y sus efectos en la distribución.....	10
c. Especies estudiadas.....	12
i. Ballena jorobada (<i>Megaptera novaeangliae</i>).....	12
- Distribución geográfica.....	13
- Ecología.....	15
ii. Ballena fin (<i>Balaenoptera physalus</i>).....	16
- Distribución geográfica.....	16
- Ecología.....	17
d. Antártida: características ambientales.....	18
e. Ciclo del krill.....	20
4. Objetivos.....	21
i. Objetivo general.....	21
ii. Objetivos específicos.....	22
5. Hipótesis.....	22
6. Materiales y métodos.....	22
a. Métodos de estudio de cetáceos.....	22
i. Avistajes desde la embarcación.....	22
ii. Tasas de encuentro.....	23
b. Método estadístico Wilcoxon.....	23
c. Área de estudio.....	23
d. Recolección de datos.....	24
e. Procesamiento de datos.....	26
f. Análisis de datos.....	26
i. Análisis de cambios en el período 2024-2025.....	26
ii. Comparación de especies entre períodos de estudio 2013-2014 y 2024-2025.....	26
7. Resultados obtenidos.....	27
a. Análisis de cambios en el período 2024-2025.....	27

b. Comparación de especies entre períodos de estudio 2013-2014 y 2024-2025.....	27
8. Discusión y Conclusiones.....	28
9. Bibliografía.....	37

Resumen:

En el marco del proyecto IWC-SORP (International Whaling Commission - Southern Ocean Research Partnership) a bordo del rompehielos ARA Almirante Irizar, durante los años 2024 y 2025 se realizaron relevamientos de la presencia de cetáceos en la Antártida. El objetivo de este estudio fue analizar las tasas de encuentro (TE) de ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y ballena fin (*Balaenoptera physalus*), y compararlas con estudios equivalentes correspondientes a los años 2013 y 2014.

El relevamiento se realizó mediante el método de transectos lineales, utilizando la ruta del buque como plataforma de muestreo de oportunidad. Para cada transecta se registró el número de individuos observados, la especie y el esfuerzo de observación, a partir de los cuales se calcularon las tasas de encuentro. El área de estudio comprendió la Península Antártica (PA) y el Mar del Scotia (MS). Para el período del estudio, se empleó el test de Wilcoxon con el fin de evaluar diferencias entre áreas y entre especies.

En este caso, no se detectaron diferencias significativas, sin embargo, las comparaciones descriptivas evidenciaron cambios en la magnitud de las tasas de encuentro del período 2013-2014. En cuanto a cada especie, la ballena jorobada mostró un aumento en su tasa promedio, mientras que la ballena fin presentó una disminución.

Por otro lado, se observó un cambio en el patrón de distribución espacial entre especies, con una mayor presencia de jorobada en el Mar del Scotia y de fin en la Península Antártica. Estos datos contrastan con los previos donde estas especies predominan en áreas en las que antes predominaba la otra. Esto podría sugerir posibles cambios en el uso del hábitat, asociados a cambios en la disponibilidad de recursos y en las condiciones ambientales.

Palabras claves: tasas de encuentro, test de wilcoxon, ballena fin, ballena jorobada, Península Antártica, Mar del Scotia.

Introducción:

La Península Antártica y el Mar del Scotia representan regiones de alta relevancia para comprender la ecología y distribución de los grandes cetáceos en el Atlántico sur. Son áreas que funcionan como puntos de concentración para especies de mysticetos como la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) y la ballena fin (*Balaenoptera physalus*) por su abundancia en recursos alimenticios. Desde mediados del siglo XX, y especialmente tras la implementación de la moratoria internacional a la caza comercial de ballenas en 1986, estas zonas han sido objeto de numerosos esfuerzos de investigación, ya que permiten observar cómo las poblaciones se redistribuyen y cuáles son los patrones de uso del hábitat que caracterizan a cada especie (Zerbini & Adams, 2019).

Aunque estas especies comparten un mismo marco geográfico, la distribución espacial que presentan no es idéntica. En investigaciones previas, como la de Reyes Reyes *et al.* (2014), se evidenció que las ballenas jorobadas se concentran con mayor frecuencia en aguas costeras de la Península, con tasas de encuentro particularmente altas en el Estrecho de Gerlache. En contraste, la ballena fin era avistada con mayor frecuencia en aguas más abiertas, asociadas al Mar del Scotia.

En los últimos años, sin embargo, los datos comenzaron a mostrar un panorama distinto. Un caso paradigmático es el de Isla Elefante, al norte de la Península Antártica, donde a principios de la década de 2020 se documentaron grandes agregaciones de ballena fin, con grupos que superan los 100 individuos. Estas concentraciones contrastan con lo evidenciado previamente, cuando esta especie era registrada casi exclusivamente en aguas del Mar del Scotia. El regreso a zonas costeras históricamente explotadas por la caza industrial sugiere no solo un proceso de recuperación poblacional, sino también una reorganización en la distribución (Herr *et al.* 2022).

La ballena jorobada también ha sido clave en estos estudios. Numerosos trabajos muestran que en la Península Antártica occidental la población ha experimentado un crecimiento sostenido, reflejado no solo en el aumento de los avistajes, sino también en indicadores reproductivos positivos (Secchi *et al.* 2021; Félix & Haase, 2025). Además, la aparición recurrente de ballenas fin en la Península Antártica occidental, donde antes eran poco frecuentes, es otro ejemplo claro de cómo los patrones de distribución están variando.

De forma complementaria, las investigaciones resaltan la importancia de contar con series de datos extensas y consistentes. La comparación entre registros históricos y actuales permite identificar variaciones que podrían pasar desapercibidas. En este sentido, las campañas de verano entre 2024 y 2025 en la región bajo estudio resultan claves para actualizar el panorama sobre la distribución de las ballenas.

Además de su interés científico, la información sobre distribución y dinámica poblacional de los misticetos tiene implicancias directas en la conservación. La Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos (CCRVMA) considera fundamental conocer el grado de superposición entre las áreas de alimentación de los cetáceos y las zonas de operación de la pesquería de krill antártico (*Euphausia superba*). Esta superposición puede generar conflictos de uso y subraya la necesidad de monitorear en paralelo tanto las poblaciones de ballenas como la actividad pesquera (Nicol *et al.* 2020).

En síntesis, la evidencia acumulada en las últimas dos décadas indica que la Península Antártica y el Mar del Scotia son escenarios dinámicos, donde los misticetos muestran patrones de distribución que no son estáticos, sino que evolucionan en función de múltiples factores.

En este marco, el análisis de los registros obtenidos entre 2024 y 2025 constituye el eje central de esta investigación. El objetivo de este estudio será evaluar los cambios recientes en la distribución de las ballenas y contrastar dichos resultados con los patrones de presencia registrados en la ballena jorobada y la ballena fin. Al mismo tiempo, se busca comparar esta información con los antecedentes para determinar si se está produciendo un reordenamiento en las poblaciones de la región.

Marco teórico:

Características generales de los cetáceos

Los cetáceos representan un orden de mamíferos acuáticos placentarios con 94 especies. Actualmente, los cetáceos se dividen en dos subórdenes principales: los misticetos (cetáceos con barbas) y los odontocetos (cetáceos con dientes). Este grupo evolucionó a partir de ancestros ungulados (con pezuñas) semiacuáticos, hace aproximadamente 50 millones de años. Los primeros cetáceos pertenecieron al grupo extinto Archaeoceti, que incluía formas adaptadas al medio acuático. Posteriormente, durante el Oligoceno (hace 30 ma), se produjo la divergencia de los dos linajes actuales: los odontocetos (Odontoceti), caracterizados por la presencia de dientes, y los misticetos (Mysticeti), que desarrollaron barbas queratinosas para la alimentación por filtración. Esta transición representó uno de los eventos evolutivos más importantes en la historia del grupo y dio origen a la diversidad de cetáceos actuales (Medrano González, 2013).

Algunas de estas adaptaciones que les permitieron vivir en el medio acuático, son:

- **Cuerpo hidrodinámico:** Presentan un cuerpo de forma fusiforme que minimiza la resistencia al movimiento en el agua.

- **Extremidades:** Las extremidades anteriores se han transformado en aletas pectorales, mientras que las posteriores han desaparecido casi por completo, quedando sólo como remanentes los huesos ilíacos.
- **Termorregulación y energía:** Poseen grandes almacenes de grasa como una capa subcutánea gruesa que funciona como aislante térmico y reserva energética.
- **Adaptaciones al buceo:** Poseen mecanismos fisiológicos que les permiten realizar inmersiones prolongadas, como una falta concentración de mioglobina muscular para almacenar oxígeno, la disminución de la frecuencia cardíaca (bradicardia) y una redistribución de la circulación sanguínea hacia los órganos más importantes durante la apnea (Aguayo Lobo y Esquivel Mácias, 1991).

Misticetos

Los misticetos se caracterizan por su gran tamaño corporal y por un sistema de alimentación especializado para la filtración. En lugar de dientes, poseen placas queratínicas en forma de barbas, que cuelgan del maxilar superior. Estas integran un filtro que les permite alimentarse de grandes cantidades de presas pequeñas (principalmente peces y crustáceos). Además, poseen dos respiraderos y un cráneo simétrico. A diferencia de los odontocetos, no son capaces de realizar ecolocalización. Sin embargo, sus vocalizaciones de baja frecuencia están muy desarrolladas y les permite comunicarse a grandes distancias.

La mayoría de las especies de misticetos realizan importantes migraciones anuales entre las áreas de reproducción en aguas cálidas/templadas durante el invierno y las zonas de alimentación en aguas frías durante el verano. Generalmente viven en grupos más pequeños que los odontocetos y presentan una organización social más simple.

Entre los misticetos, la familia Balaenopteridae es de importancia debido a que incluye algunas de las especies de mayor tamaño y distribución del planeta, entre ellas la ballena fin y la ballena jorobada, especies que son objeto de estudio en el presente trabajo.

El grupo de misticetos se compone de 15 especies clasificadas en 4 familias (*Balaenidae*, *Neobalaenidae*, *Eschrichtiidae* y *Balaenopteridae*) y 6 géneros (*Eubalaena*, *Balaena*, *Caperea*, *Eschrichtius*, *Balaenoptera* y *Megaptera*). Los balenoptéridos a diferencia de los miembros de las familias *Balaenidae* y *Eschrichtiidae*, presentan una aleta dorsal, que varía en tamaño y forma según la especie y se ubica detrás del punto medio del dorso. Además presentan pliegues en la garganta y la región ventral que se expanden a la hora de alimentarse (Carwardine, 2020).

Migración

Las rutas migratorias de los misticetos se caracterizan por desplazamientos anuales entre dos áreas clave: las regiones de altas latitudes, que funcionan como zonas de alimentación durante el verano, y las regiones de bajas latitudes, utilizadas para la reproducción, el parto y la lactancia durante el invierno. Sin embargo, esto puede presentar cambios influidos por factores como variables ambientales que generan rutas alternativas y cambios individuales que existen más allá de la búsqueda de alimento (Zerbini, 2022).

La migración depende en gran medida de la capacidad de los individuos para acumular reservas energéticas en forma de grasa antes de iniciar el viaje. En las áreas de reproducción, muchas especies reducen o incluso suspenden la alimentación. Por ejemplo, la ballena jorobada (*M. novaeangliae*) suele ayunar durante este período, utilizando las reservas acumuladas para mantener su metabolismo y sostener procesos energéticamente demandantes como la lactancia. En este sentido, la disponibilidad de recursos en las zonas de alimentación resulta clave para el éxito reproductivo de estas especies (Wheelden *et al*, 2021).

Aunque las migraciones hacia aguas cálidas/ templadas ofrecen ventajas para las crías, como menores riesgos de depredación y condiciones más favorables para el desarrollo temprano, este sistema migratorio se enfrenta actualmente a importantes cambios ambientales. Estudios recientes sugieren que el retorno hacia las zonas de alimentación se ha adelantado aproximadamente tres semanas en los últimos años. Este cambio, se ha vinculado con variaciones en la extensión del hielo y con cambios en la productividad del ecosistema. Una menor cobertura de hielo durante el verano podría producir un retorno más temprano de los adultos hacia las zonas de alimentación, posiblemente debido al agotamiento de sus reservas energéticas (Dunlop *et al*, 2025).

La migración de los misticetos también está relacionada a la disponibilidad de krill antártico, una de las principales presas en el océano austral. El ciclo de vida de este crustáceo depende en gran medida del hielo marino, que proporciona hábitat y alimento para los estadios juveniles. Además, la abundancia de él, está influenciada por las condiciones oceanográficas y los patrones de productividad primaria que pueden verse representados por la concentración de clorofila-a. Sin embargo, el calentamiento global está alterando estos procesos ecológicos y podría modificar la disponibilidad espacial y temporal del krill. A esto se suma la recuperación de muchas poblaciones de ballenas tras el fin de la caza comercial, lo que podría incrementar la competencia por este recurso (Goff *et al*, 2018).

A partir de estos cambios, se han observado alteraciones en el comportamiento alimentario de algunas especies. En los últimos años se han registrado eventos de “alimentación suplementaria” en latitudes medias o bajas, fuera de las áreas tradicionales de alimentación

antártica. Un ejemplo destacado es la formación de grandes agregaciones de ballenas jorobadas, alimentándose simultáneamente frente a las costas de Sudáfrica y Australia durante la temporada migratoria (Seyboth *et al*, 2023).

Ecología trófica

La dieta de los mysticetos se basa principalmente en zooplancton como krill y copépodos, y en peces pequeños. La presencia espacial y temporal de estas presas, define las rutas migratorias de los mysticetos, así como, los hábitos de alimentación. Algunas se alimentan cerca de la costa y otras en mar abierto (Gavrilov *et al*, 2022).

En el caso del océano austral, estas especies se enfocan, principalmente, en la captura de *E. superba*, un eslabón trófico vital que sustenta a las grandes poblaciones de ballenas (Baines *et al*, 2022).

Existen dos estrategias principales de alimentación que pueden observarse en aguas antárticas:

- Alimentación por embestida o *lunge-feeding*: Consiste en ingerir volúmenes masivos de agua a alta velocidad. Lo que depende de que encuentren agregaciones con gran cantidad de alimento.
- Alimentación por filtración continua o *Ram-feeding*: Consiste en desplazarse con la boca abierta mientras filtran el agua de forma ininterrumpida a través de sus barbas.

En la Antártida, durante el verano, los mysticetos pueden aumentar de peso rápidamente para compensar las semanas de ayuno durante las migraciones. La ubicación de estas áreas está influenciada por factores oceanográficos que determinan la abundancia de sus presas. Uno de los factores que influye en la disponibilidad de recursos, es la dinámica del hielo marino. Durante el invierno, las larvas y juveniles de krill permanecen bajo el hielo y se alimentan de las microalgas que crecen en su superficie. Por este motivo, la extensión y duración del hielo puede influir en la presencia de las poblaciones de krill, y además, en la distribución de las áreas de alimentación (Riekenberg *et al*, 2021).

Rol ecológico de las ballenas como transportadoras de nutrientes

Las migraciones de las ballenas no solo cumplen un rol clave en su ciclo de vida, al conectar áreas de alimentación y reproducción, sino que también son importantes para la salud de los ecosistemas marinos. A través de estos desplazamientos, las ballenas actúan como ingenieras ecosistémicas a escala global, facilitando el movimiento de nutrientes esenciales mediante dos mecanismos: la “bomba de las ballenas” (*whale pump*) y la “gran cinta transportadora” (*great whale conveyor belt*). La “bomba de las ballenas” describe un proceso de transporte vertical de

nutrientes. Mediante la liberación de heces cerca de la superficie, incrementan la disponibilidad de los nutrientes en el medio, favoreciendo el crecimiento del fitoplancton. Además, contribuyen al ciclo de carbono, a través del almacenamiento en la biomasa de los individuos, que cuando mueren, llega al fondo marino (Roman & McCarthy, 2010).

Por otro lado, la “gran cinta transportadora” de las ballenas se refiere al transporte horizontal de nutrientes a lo largo de grandes distancias. A partir de estas migraciones y del uso de las áreas de cría, las ballenas liberan nutrientes a través de restos orgánicos transportándolos a ecosistemas alejados. De esta manera, las ballenas vinculan regiones oceánicas separadas por miles de kilómetros. Históricamente, antes del desarrollo de la caza comercial de ballenas, estos procesos de transporte de nutrientes habrían sido más intensos. Por ello, la recuperación de las poblaciones de ballenas no solo representa un logro desde el punto de vista de la conservación, sino que también podría contribuir a restaurar funciones ecológicas clave en los océanos (Roman *et al*, 2025).

La caza de ballenas y sus efectos en la distribución

La caza industrial de ballenas en el hemisferio sur representa uno de los ejemplos más conocidos de sobreexplotación de recursos marinos en el mundo. Su desarrollo a fines del siglo XIX, impulsado por el uso del arpón de proa, permitió la captura de grandes cetáceos de nado rápido, como la ballena azul y la ballena fin, que hasta ese momento resultaba difícil. Posteriormente, la incorporación de los buques factoría, que permitían procesar las ballenas directamente en el mar, facilitó la expansión de la actividad hacia áreas alejadas de la costa (Ohsumi, 2005). A partir de 1904, con la instalación de estaciones balleneras como Grytviken en las Islas Georgias del Sur, la actividad se expandió hacia el Océano Austral, donde inició la explotación de las poblaciones antárticas (Dakin, 1947).

Entre las décadas de 1920 y 1960, se produjo un declive masivo en la abundancia de varias especies de misticetos. De hecho, para el final de la Primera Guerra Mundial, se estimó que la población de ballenas jorobadas había disminuido hasta quedar por debajo del 10% (Walloe, 2005), como se observa en la Figura 1. Esta fue una de las primeras especies en ser intensamente explotadas debido a su cercanía a zonas costeras. Posteriormente, la presión de caza se desplazó hacia otras especies, como la ballena fin, cuyas capturas aumentaron significativamente tras el colapso de especies previamente explotadas. Esto puede evidenciarse en la Figura 2 (Walloe, 2005).

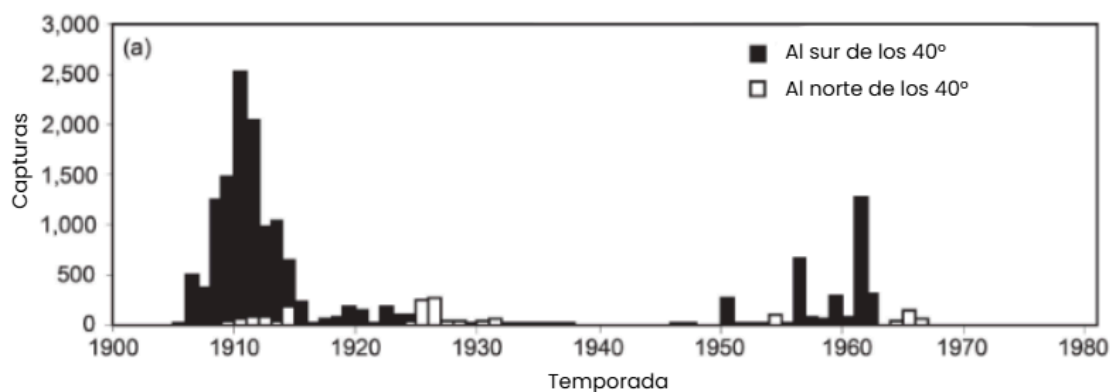


Figura 1: Capturas (*fringe catches*) de ballenas jorobadas a lo largo del tiempo, diferenciadas por su distribución al norte y sur de los 40°S. Recuperado y traducido de: Johnston, 2011.

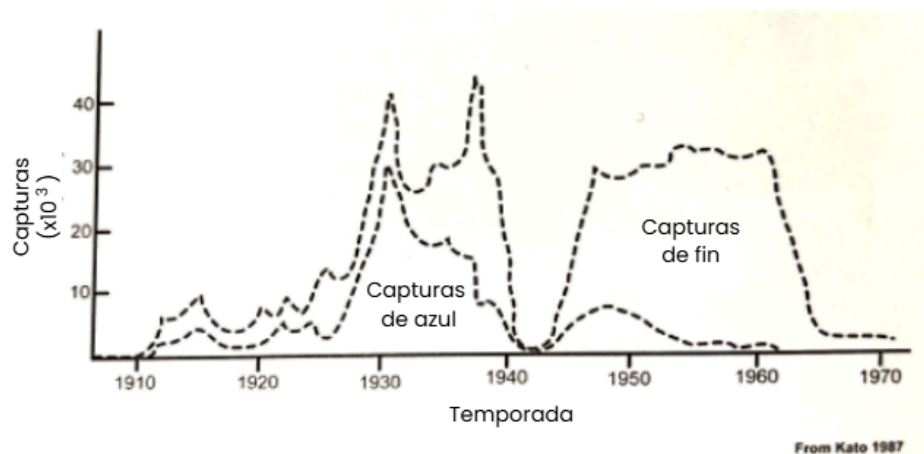


Figura 2: Capturas de ballena azul y ballena fin a lo largo del tiempo. Recuperado y traducido de: Walloe, 2005.

A partir de la disminución de individuos, surgieron los primeros intentos de regulación. Se sugirió establecer un máximo de captura por temporada, así como la prohibición de caza de crías o hembras con crías. Sin embargo, las medidas iniciales resultaron insuficientes para controlar los niveles de explotación (Gambell, 2005). En 1940, con el inicio de la Segunda Guerra Mundial, las capturas se redujeron casi por completo. No obstante, al finalizar el conflicto, la actividad ballenera se restableció. Entre las especies que evidenciaron los efectos de la sobreexplotación, la ballena azul constituye un caso representativo, ya que la marcada disminución en sus capturas no respondió a un cambio en la industria, sino a la extrema reducción en el número de individuos disponibles (Brown, 1963).

No fue hasta la firma de la Convención Internacional para la Regulación de la Caza de Ballenas en 1946 que se estableció un marco de gestión, dando origen a la Comisión Ballenera Internacional. No obstante, estas medidas continuaron siendo insuficientes debido a la falta de regulaciones específicas por especie y a la presión de la industria. Recién en la década de 1980, con la implementación de la moratoria a la caza comercial, se logró el cese de la explotación a gran escala, marcando el fin de décadas de explotación (Tonnessen, 1970).

La explotación ballenera no se distribuyó de manera homogénea, lo que generó importantes efectos espaciales. Las áreas de mayor esfuerzo de caza coincidieron con zonas de alta productividad, particularmente el borde del hielo marino antártico, donde se concentran grandes agregaciones de krill. Como consecuencia, las poblaciones de ballenas disminuyeron drásticamente en áreas que eran utilizadas como zonas de alimentación. Esta reducción obligó a las flotas a desplazarse progresivamente hacia nuevas áreas (Cotté & Guinet, 2006).

En la actualidad, las poblaciones muestran procesos de recuperación desiguales. Mientras que algunas, como la ballena jorobada del Atlántico Sur, han evidenciado una recuperación significativa, otras especies, como la ballena azul y la ballena fin, presentan una recuperación más lenta (Zerbini *et al*, 2019). Estas diferencias sugieren que la distribución actual no solo responde a las condiciones ambientales, sino también al impacto histórico de la explotación ballenera. Es por esto que, sea posible que las poblaciones se estén redistribuyendo hacia áreas previamente utilizadas (Cotté & Guinet, 2006).

Especies estudiadas

Ballena Jorobada (Megaptera novaeangliae)

La ballena jorobada es una de las especies más fáciles de reconocer en el mundo. Se identifican 3 subespecies: la Atlántica del norte (*M. n. novaeangliae*), la del Pacífico Norte (*M. n. kuzira*) y la hemisferio sur (*M. n. australis*). Poseen distintivas aletas pectorales de amplia longitud que representan una tercera parte de su cuerpo, característica distintiva de esta especie. Presentan una pigmentación oscura en el área dorsal, mientras que, en el área ventral tienden a un color blanco o moteado. Además, exhiben una aleta dorsal muy pequeña y tubérculos a lo largo de la cabeza. Para identificarlos individualmente, se observa el patrón de coloración en la zona ventral de la aleta caudal que varía ampliamente.

Esta especie puede ser avistada en solitario, en pequeños grupos, en grandes grupos (hasta 30 individuos) o agregaciones de hasta 200 individuos. En términos de tamaño, las hembras tienden a presentar una longitud mayor a los machos alcanzando los 16 metros (Clapham, 2018).

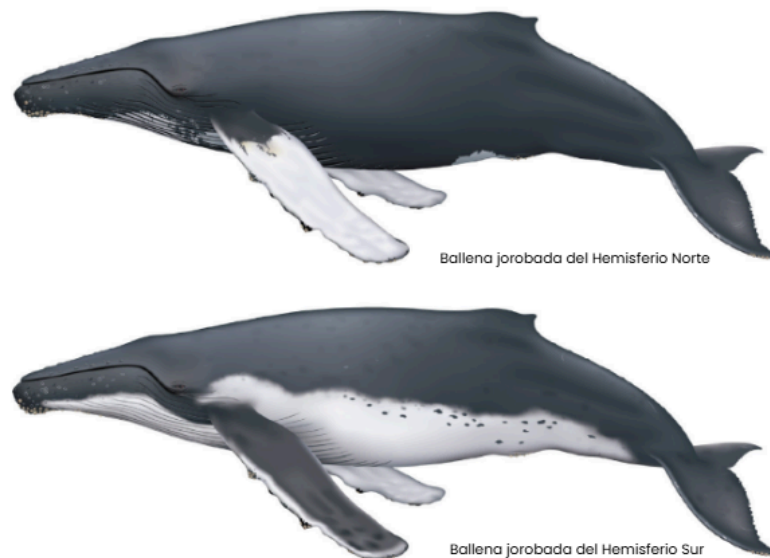


Figura 3: *Ilustración de la anatomía externa de la ballena jorobada. Recuperado y traducido de: Clapham, 2018.*

- Distribución geográfica:

Esta especie puede encontrarse en todos los océanos del mundo ya que tiene amplias rutas migratorias entre altas latitudes en verano y bajas latitudes en invierno, como se indicó anteriormente. Con frecuencia, se la ha documentado realizando lagunas de las migraciones más extensas entre los mamíferos, estimadas en al menos 9.000 km (Rasmussen, 2007). Sin embargo, estudios recientes documentaron individuos fotografiados entre las áreas reproductivas de Australia y Brasil, separadas por distancias de hasta 14.000 km (Castro Ayala *et al.*, 2026). En las áreas de alimentación suelen encontrarse en aguas costeras, mientras que durante la temporada reproductiva se observan con frecuencia cerca de islas aunque también pueden encontrarse en ambientes oceánicos.

A nivel global, se han identificado alrededor de 15 poblaciones de ballena jorobada, a partir de sus áreas de reproducción. En el Atlántico Norte, por ejemplo, los individuos regresan cada primavera a áreas de alimentación específicas como el Golfo de Maine, el Golfo de San Lorenzo, Islandia y Noruega.

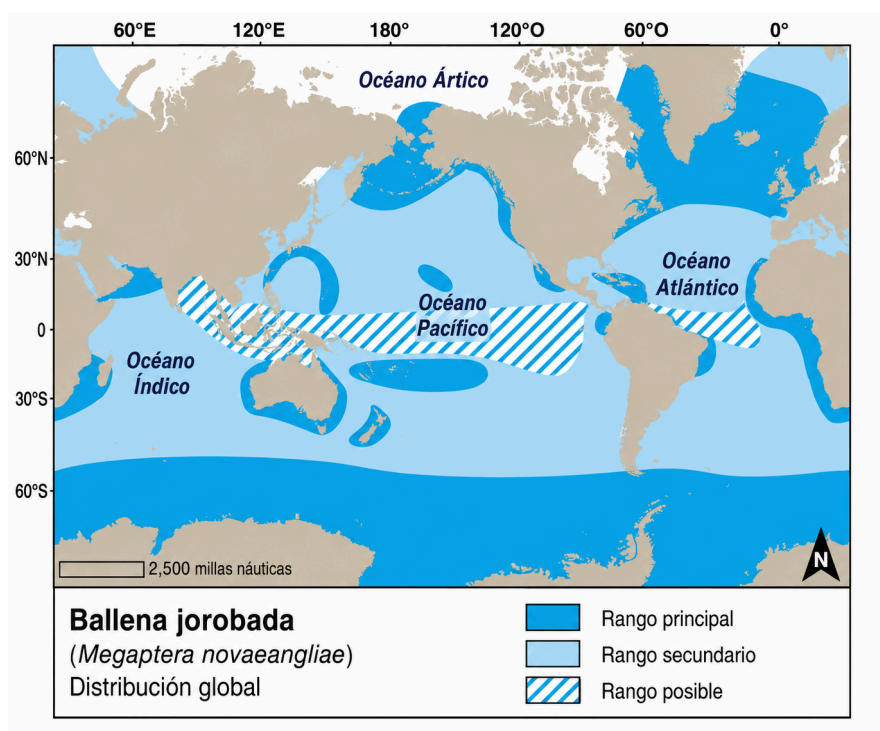


Figura 4: Rango de distribución de la ballena jorobada. Recuperado y traducido de: Clapham, 2018.

En el hemisferio sur, las ballenas jorobadas se alimentan principalmente en aguas circumpolares alrededor de la Antártida y luego migran hacia áreas de reproducción en aguas tropicales ubicadas más al norte como el archipiélago de Abrolhos, Brasil, Perú y Ecuador. En este sentido, la Comisión Ballenera Internacional reconoce siete stocks o poblaciones reproductivas en el hemisferio sur, designados con las letras A-G (Clapham, 2018). Cada grupo se define, no solo por el área de cría, sino también, por sus rutas migratorias hacia las zonas de alimentación (Figura 5) (Seyboth *et al*, 2023).

El stock G se reproduce a lo largo de la costa pacífica de América del Sur, desde el norte de Perú hasta Centroamérica. Durante la temporada de alimentación, migran hacia el sur y utilizan principalmente el oeste de la Península Antártica occidental y áreas, que forman parte del Área de Manejo I de la CBI. Por otro lado, el stock A se reproduce en la costa atlántica de América del Sur (Ramos *et al*, 2023). Estos individuos migran hacia regiones del Atlántico Sur, incluyendo las Islas Georgias del Sur y sectores de la Península Antártica como el Mar de Weddell, que corresponden al Área de Manejo II. Si bien su distribución principal se asocia al sector atlántico, se ha documentado la presencia de individuos de este stock en la zona vinculada al stock G (Albertson *et al*, 2017).

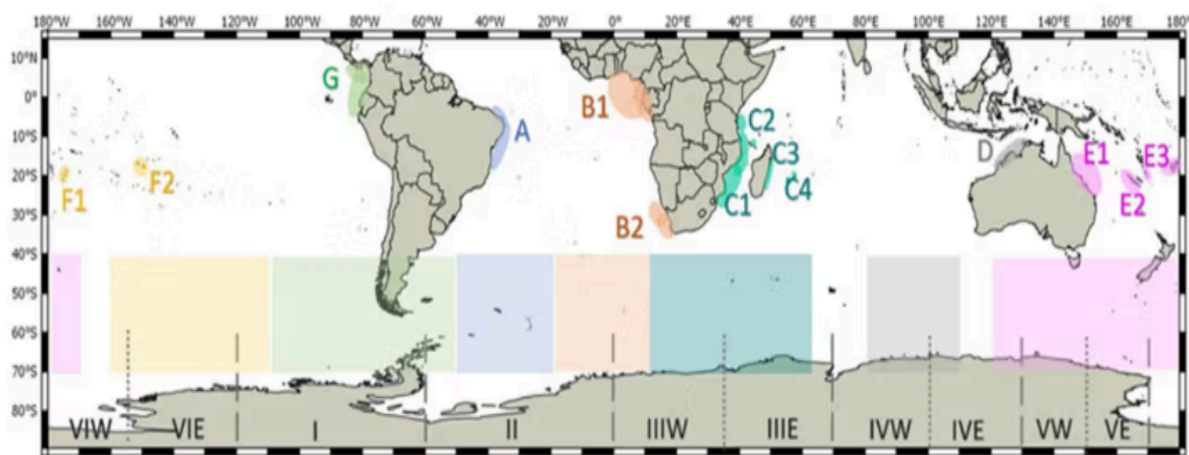


Figura 5: Distribución de las siete poblaciones reproductivas de ballenas jorobadas (A-G), y las seis zonas de alimentación en el Océano Austral (I-VI). Fuente: Seyboth et al., (2023)

Nota: Este mapa muestra la distribución de las poblaciones de ballenas jorobadas del hemisferio sur en siete poblaciones reproductoras (PA), con colores que vinculan las áreas de reproducción de cada población con sus zonas de alimentación correspondientes en el Océano Austral. El Océano Austral está dividido en seis zonas de gestión (I-VI) marcadas con líneas discontinuas.

- Ecología

Poseen una dieta especializada en varias especies de krill y de pequeños peces. Entre estos encontramos, arenque (*Clupea spp.*), sardina (*Sardina pilchardus*) capelán (*mallotus villosus*), caballa (*Scomber scombrus*) algunas especies de ammodítidos (*Ammodytes spp.*). Además, junto a otras especies de ballenas, realizan la técnica de “Red de burbuja” (*Bubble-net feeding*), en la cual crean una cortina de burbujas de aire para rodear cardúmenes de peces, y así, alimentarse (Clapham, 2018).

Estas ballenas suelen alimentarse en áreas donde el krill se encuentra más concentrado, lo que generalmente ocurre cerca del hielo marino o en zonas donde es mayor la agregación del zooplancton. A diferencia de otras especies de misticetos, suelen capturar sus presas cerca de la superficie o en los primeros metros de la columna de agua (Friedlaender et al, 2006).

Ballena fin (Balaenoptera physalus)

La ballena fin es una especie de gran tamaño con una amplia distribución en el mundo. Es el segundo animal más grande y rápido del planeta después de la ballena azul. Es conocida por su distintiva pigmentación asimétrica a lo largo del cuerpo (Figura 6).

En términos de longitud, las hembras pueden alcanzar los 26 metros, mientras que, los machos alcanzan los 24 metros. El crecimiento durante el período postnatal es rápido, y aproximadamente el 95 % del tamaño corporal máximo se alcanza cuando las ballenas tienen entre 9 y 13 años. La longevidad no se ha determinado con precisión, pero se conocen individuos que han alcanzado 80-90 años de edad. Durante los avistajes, es común observarlas en pequeños grupos de entre 2 y 7 individuos (Aguilar & Lockyer, 1987).



Figura 6: Ilustración de la anatomía externa de la ballena fin. Recuperado y traducido: Aguilar & García-Vernet, 2018)

- Distribución geográfica:

Es una especie que está presente tanto en aguas templadas como en aguas frías, pero sin embargo, se mantiene en zonas alejadas al hielo marino. En la Antártida, las mayores concentraciones se registran en sectores de alta productividad. Por lo cual, su presencia tiende a ser mayor fuera de la plataforma continental (Notarbartolo, 2003).

Los valores de abundancia indican que existen decenas de miles de individuos tanto en el Océano Antártico como en el Atlántico Norte. También se han registrado poblaciones en el Pacífico Norte y en el mar Mediterráneo, aunque en algunos casos con menor intercambio

entre regiones. En conjunto, estos datos reflejan la amplia distribución de la especie a escala global (Figura 7). Las ballenas fin del hemisferio sur realizan la migración estacional ya mencionada para esta especie. Sin embargo, patrones recientes muestran que algunos individuos permanecen más tiempo en zonas altas si las condiciones de alimento se mantienen favorables, lo que explica el desplazamiento hacia otras áreas, asociado al cambio climático (Aguilar & García-Vernet, 2018).

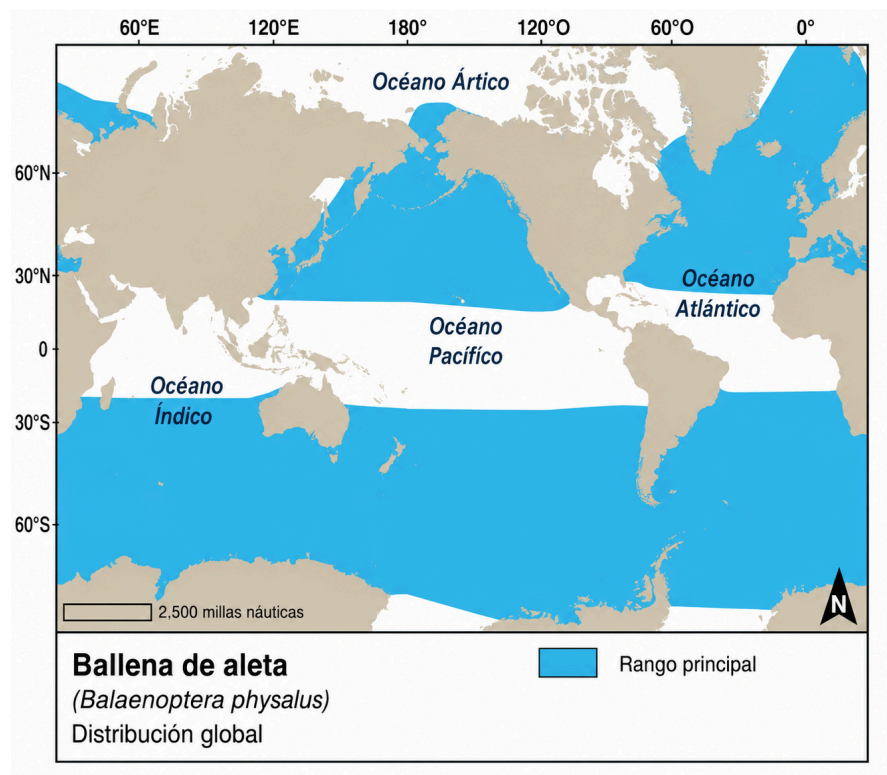


Figura 7: Rango de distribución de la ballena fin. Recuperado y traducido de: Aguilar & García-Vernet, 2018.

- Ecología:

Esta especie se alimenta de una gran variedad de presas. En el hemisferio norte, su dieta incluye principalmente krill del norte (*Meganyctiphanes norvegica*) y otros crustáceos, aunque también consume peces que forman cardúmenes, como el capelán, arenque o la caballa. En cambio, en el hemisferio sur su alimentación se basa casi exclusivamente de krill antártico. Al igual que otras especies, la ballena fin se alimenta de manera intensiva durante el verano, cuando la disponibilidad de presas es mayor, pudiendo consumir grandes cantidades de krill

por día. Durante el invierno, en cambio, la alimentación disminuye considerablemente, ya que muchas poblaciones se encuentran en sus áreas de reproducción. Debido a que su distribución y dieta se superponen con las de otras grandes ballenas, es posible que exista cierta competencia por el alimento (Aguilar & García-Vernet, 2018).

Para alimentarse, realizan buceos a grandes profundidades, con un promedio registrado de aproximadamente 290 metros. La alimentación a mayores profundidades les otorga una ventaja al permitirles explotar agregaciones de presas más densas y de mayor calidad. (Goldbogen *et al*, 2011). Se estima que un individuo puede consumir entre 660 y 970 kg de krill al día para satisfacer sus necesidades metabólicas (Biew *et al*, 2024).

Antártida: características ambientales

La Antártida es el continente ubicado en el polo sur de la Tierra, caracterizado por una extensa cobertura de hielo que predomina en su superficie. Desde el punto de vista geográfico, se divide en la Antártida Oriental y la Occidental. Esta última es la que se encuentra cerca de América del Sur y que contiene a la Península Antártica. Debido a la, ya mencionada, alta presencia de hielo, constituye una gran fuente de frío para el planeta y participa en la regulación del clima global (Orsi, Whitworth & Nowlin, 1995).

Por otro lado, el océano que rodea la península presenta aguas con una fuerte influencia de la Corriente Circumpolar Antártica (ACC). Esta es la principal corriente del Océano Austral, la cual fluye de oeste a este conectando el Océano Pacífico, Atlántico e Índico. Su importancia también es fundamental para la regulación climática ya que, redistribuye el calor y los nutrientes entre los océanos (Smith *et al*, 1999).

En el caso de la Península Antártica, se pueden observar condiciones climáticas más templadas que otras regiones del continente. Es por esto, que se la reconoce como una de las regiones donde se registra un mayor calentamiento a nivel global, registrándose un aumento de 3°C en las últimas décadas (Siegert *et al*, 2019).

Desde el punto de vista oceanográfico, el sector oriental de la península se encuentra fuertemente influenciado por el Mar de Weddell. En la Figura 8, se representa un esquema conceptual de la interacción de este con la Península Antártica. En este sistema, el Giro de Weddell, uno de los giros de circulación oceánico del Atlántico, transporta masas de agua y hielo marino en sentido horario. Además, se puede distinguir el ingreso del Agua Profunda Circumpolar (CDW), una masa relativamente caliente de la CCA (Gumpta *et al*, 2024).

Dentro del giro, estas masas de agua dan lugar a la formación de Agua Profunda de Weddell (WDW) y, luego, al Agua de Fondo Antártico (AABW). Estas son claves para conectar a la ACC con el mar de Weddell. Por otro lado, se puede observar ilustrada la interacción entre la

atmósfera, el hielo y el océano. Todos estos procesos determinan la regulación de la temperatura, la distribución de los nutrientes y la productividad del ambiente (Reeve *et al*, 2015).

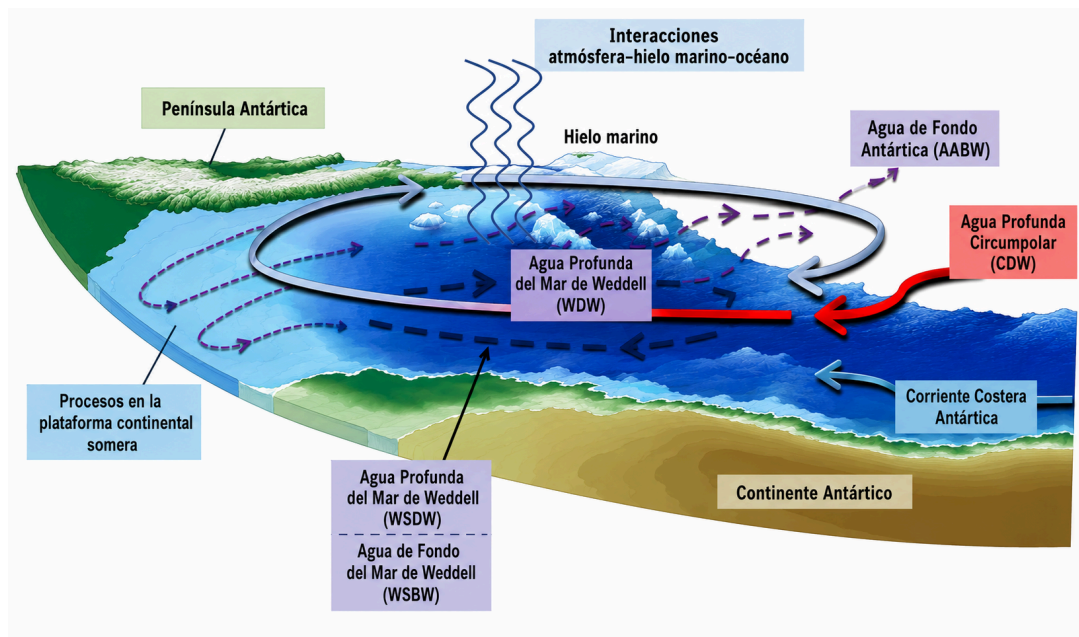


Figura 8: Esquema conceptual de la circulación oceánica en el Mar de Weddell y su interacción con la Península Antártica. Recuperado y traducido: (Reeve *et al*, 2015)

No obstante, la formación de masas de agua profundas en el Mar de Weddell también se relaciona con la dinámica del hielo marino. Durante el proceso de congelamiento, el hielo expulsa sal hacia el agua, lo que aumenta la salinidad del agua y, por ende, la densidad. Este aumento de densidad es lo que favorece el hundimiento de las masas de agua, dando lugar a la formación de Agua de Fondo Antártico (AABW) (Crosta *et al*, 2002). De esta manera, la formación de hielo no solo determina los intercambios entre el océano y la atmósfera, sino que también desempeña un rol clave en la generación de circulación profunda (Huhn *et al*, 2008).

En relación con el hielo marino, la dinámica constituye uno de los componentes claves de la región. Esto es tan importante que las variaciones desencadenan efectos que reducen la productividad ya que cumple un rol fundamental en el hábitat y el soporte de organismos como el fitoplancton y el krill (Lange *et al*, 1989). En las últimas décadas se ha observado una disminución en su extensión, vinculada a la temperatura del océano y a cambios en los patrones de viento (Siegert *et al.*, 2019; Ding *et al*, 2025).

Debido a estas características, la Península Antártica constituye una región clave para el estudio de los efectos del cambio climático y su impacto sobre los sistemas oceanográficos y ecológicos del Océano Austral. En este sentido, el entendimiento de estos procesos permite comprender la distribución y el comportamiento de los cetáceos, ya que todos estos factores determinan la disponibilidad de presas que sustentan la base de la cadena trófica de los misticetos.

Ciclo del krill

El krill es un organismo fundamental para los ecosistemas del océano Austral, y su ciclo biológico está ampliamente vinculado a la dinámica del Océano Austral. La fase reproductiva se lleva a cabo durante el verano austral, cuando las hembras liberan los huevos hacia el medio. Estos se hunden a grandes profundidades alcanzando los 700 y 1000 metros antes de eclosionar (Nicol, 2006). A partir de este momento, las larvas comienzan a ascender mientras atraviesan los distintos estadios de desarrollo. La supervivencia de los juveniles depende en gran medida de la circulación de las corrientes oceánicas. En este caso, son estas las que se encargan de actuar como mecanismos de transporte que conectan áreas de desove con las de crecimiento (Flores *et al*, 2012).

Por otro lado, el hielo marino cumple un rol fundamental en las etapas tempranas de desarrollo. Son las larvas las que dependen en gran medida de las algas asociadas al hielo ya que les permite estar provistos de una reserva de recursos durante el invierno. Además, este actúa como refugio ante depredadores. En este contexto, la duración y la extensión del hielo marino es clave para el éxito y su supervivencia (Facha *et al.*, 2006). En la figura 9, pueden observarse distintos escenarios ambientales y cómo afectan al ciclo de vida del krill. En condiciones con una adecuada cobertura de hielo, el ciclo se desarrolla de manera completa, lo que permite que las larvas atraviesen el invierno. Sin embargo en escenarios de mayor calentamiento, la reducción del hielo y el aumento de temperatura y CO₂, generan alteraciones en el crecimiento, generando un declive en la población de krill.

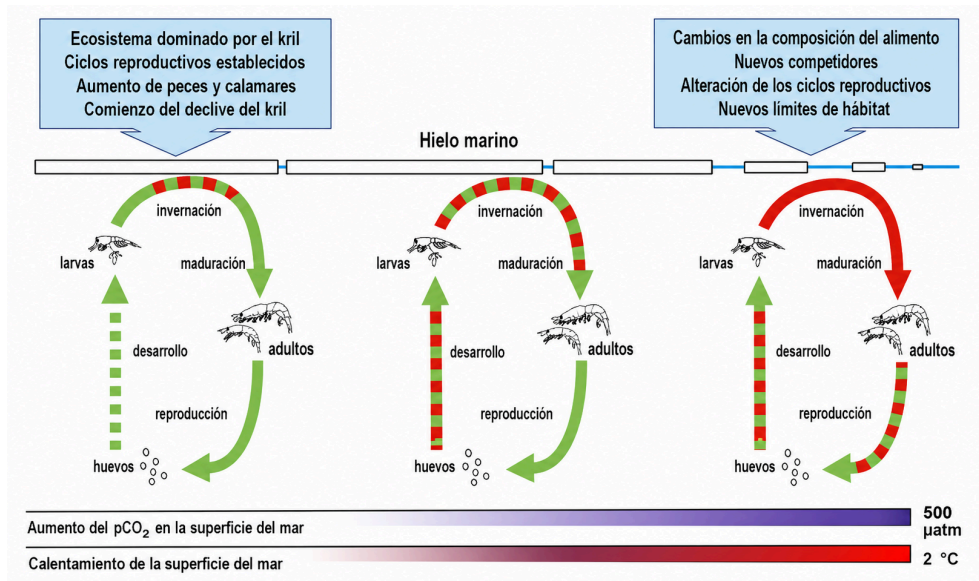


Figura 9: Esquema conceptual del impacto acumulativo del cambio climático en el ciclo de vida del krill. Recuperado y traducido de: Flores *et al.*, (2012)

Con respecto a la distribución poblacional, el krill presenta una gran variabilidad relacionada al espacio y a la estacionalidad. Los adultos se concentran en aguas oceánicas y profundas, mientras que, los juveniles están cerca de las zonas costeras asociadas al hielo (Siegel *et al.*, 2013).

A nivel fisiológico, el krill adulto puede reducir su metabolismo durante el invierno y utilizar las reservas fisiológicas, mientras que las larvas dependen estrictamente de las condiciones ambientales (Schaafsma *et al.*, 2016). A partir de esto, las adaptaciones del krill a cada estación, a los cambios en el hielo marino o la temperatura y la disponibilidad de alimento lo hacen un buen indicador de la salud ecológica de la región.

Objetivos:

General

Analizar las tasas de encuentro (TE) de ballena jorobada y ballena fin en aguas de la Península Antártica y el Mar del Scotia entre 2024 y 2025, y compararlas con estudios previos para identificar posibles cambios en su distribución.

Objetivos específicos

- Calcular las tasas de encuentro de las principales especies de ballenas avistadas en el área de estudio durante el período 2024-2025.
- Evaluar si existen diferencias en las tasas de encuentro de diferentes especies.
- Comparar las tasas de encuentros entre las áreas de la Península Antártica Oeste y Mar del Scotia.
- Evaluar variaciones interanuales en las TE para el período considerado.

Hipótesis:

La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*) se distribuye principalmente en sectores del oeste de la Península Antártica, mientras que la ballena fin (*Balaenoptera physalus*) presenta mayor ocurrencia en aguas oceánicas del Mar del Scotia.

Las tasas de encuentro de ballena fin en el sector oeste de la Península Antártica han aumentado en los últimos años en comparación con registros históricos, lo que indica un aumento en el uso de esta área.

Materiales y métodos

Métodos de estudios de cetáceos

Avistajes desde embarcaciones

El avistaje de cetáceos desde embarcaciones es uno de los métodos más utilizados para estudiar la distribución y abundancia de estas especies. Este enfoque se basa en la observación directa de individuos o grupos, registrando la presencia de diferentes especies, el tamaño de los grupos y las conductas más relevantes. La información obtenida resulta fundamental para evaluar el estado de las poblaciones y comprender su ecología.

Durante los recorridos realizados en embarcación se registran los avistajes junto con el esfuerzo de muestreo, entendido como la distancia recorrida o el tiempo dedicado a la búsqueda. A partir de esta información pueden calcularse tasas de encuentro, expresadas como el número de individuos o grupos observados por unidad de esfuerzo. Esto permite comparar la frecuencia relativa de observación entre áreas, períodos de tiempo o especies.

Debido a que muchas especies se organizan en grupos, estos suelen considerarse la unidad principal de observación, estimándose la densidad total de individuos a partir del tamaño promedio de grupo. En el diseño de estos estudios también deben considerarse posibles

sesgos relacionados al comportamiento de los animales frente a la embarcación, como largos buceos, que pueden afectar las estimaciones de abundancia (Buckland *et al*, 2001).

Tasas de encuentro

En los estudios de cetáceos basados en transectos lineales, la tasa de encuentro es un parámetro fundamental para describir la frecuencia con la que se detectan animales. Este indicador relaciona el número de avistajes registrados con el esfuerzo de búsqueda, y permite obtener una aproximación a la abundancia relativa de las especies en el área de estudio.

Debido a que los cetáceos no se distribuyen de manera uniforme, el número de los avistajes pueden variar entre diferentes transectos. Por esta razón, es necesario repetir varios recorridos para poder estimar la variabilidad de los datos de forma adecuada. Además, los resultados pueden reflejar patrones espaciales y temporales en la distribución de los animales dentro del área de estudio. A partir de esto, si existen cambios en los patrones, se puede explorar la relación con factores ambientales, como la profundidad, la temperatura del agua o la disponibilidad de alimento (Buckland *et al*, 2001).

En relación con la comparación entre los períodos de estudio, es importante considerar que existían diferencias en el esfuerzo de muestreo de las campañas. Es por esto que el análisis se basó en el uso de tasas de encuentro, con el fin de homogeneizar esas variaciones.

Método estadístico Wilcoxon

El método de Wilcoxon es una prueba estadística utilizada para comparar dos conjuntos de datos relacionados, por ejemplo, mediciones antes y después de un tratamiento, o dos años de muestreos en las mismas áreas. A diferencia de otros test estadísticos, el test de Wilcoxon no asume que los datos sigan una distribución normal, por lo que es útil en donde las muestras suelen tener alta variabilidad.

La prueba evalúa si los valores obtenidos en las muestras difieren más de lo esperado. Si esto se determina, se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa entre los dos grupos comparados. Es por esto que, el test de Wilcoxon se utiliza con frecuencia para comparar tasas de encuentro o abundancia relativa.

Área de estudio

El área de estudio (Figura 10) se localiza en el sector norte de la Península Antártica, abarcando principalmente el Mar de Weddell y las aguas circundantes a las Islas Shetland del Sur, Isla Elefante y las Islas Orcadas del Sur. Además, se extiende aproximadamente desde los 60°S hasta los 75°S de latitud, y entre los 60°O y 30°O de longitud.

El límite norte está definido por el Pasaje de Drake y el Mar del Scotia, y el límite occidental está dado por el extremo norte de la península y las Islas Shetland del Sur, mientras que hacia el este se extiende hasta las proximidades de las Islas Orcadas del Sur dentro del Mar de Weddell. La selección del área de estudio se realizó a razón de que coincide con la del estudio de 2013-2014, lo que permitió hacer una correcta comparación de los datos.

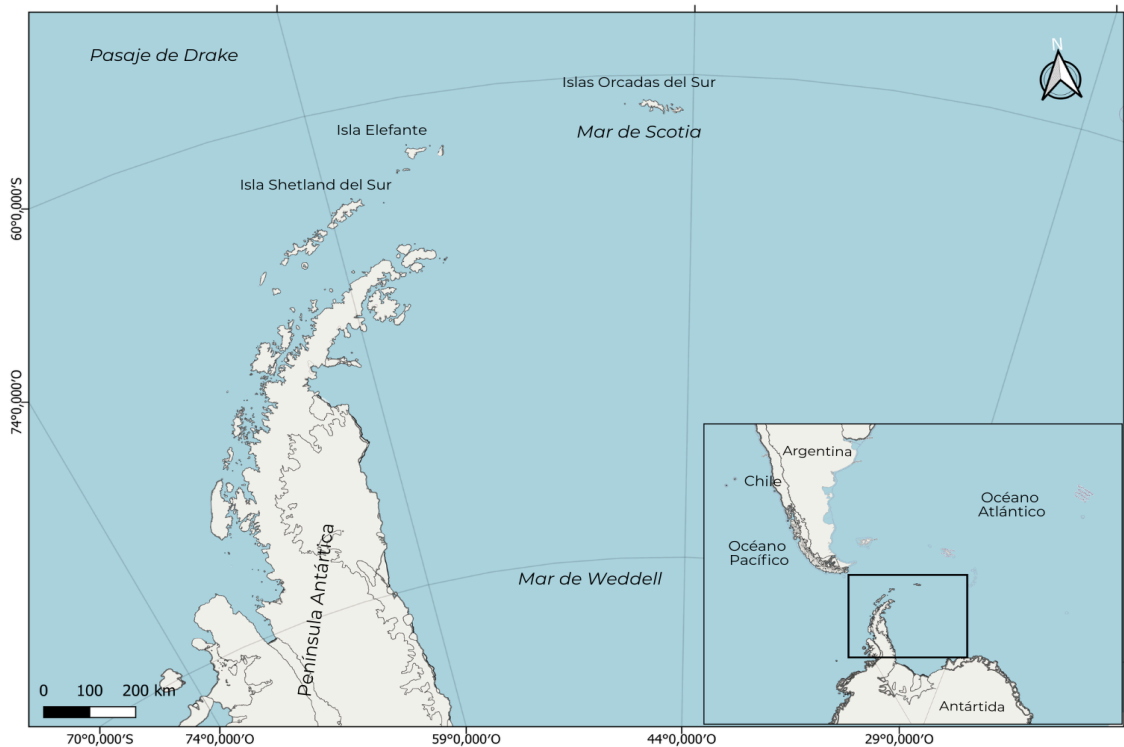


Figura 10: Mapa representativo del área de estudio. El recuadro derecho muestra la ubicación geográfica de esta respecto a América del Sur y la Antártida.

Recolección de datos

Los registros de avistajes de los años 2024 y 2025 se obtuvieron durante las campañas de investigación realizadas por el proyecto IWC SORP RHAI. (International Whaling Commission - Southern Ocean Research Partnership - Rompehielos ARA Alte Irizar) liderado por la Fundación Cethus en la Antártida. Los datos de los avistajes se registraron a través del método de transecto lineal, utilizando la ruta del buque como plataforma de observación. (Figura 10).



Figura 11: Ruta realizada del rompehielos ARA Almirante Irizar durante la Campaña Antártica de Verano 2024/2025. Fuente: Informe de la Campaña Antártica 2025, Fundación Cethus.

Durante el día, dos observadores (uno a estribor y otro a babor), realizaron búsquedas visuales del área frontal al buque (cubriendo un área de 100° cada uno hacia cada banda) para detectar la presencia de cetáceos. Cada registro fue ingresado a una base de datos digital por parte de un 3er miembro del equipo comunicando por radio. Para cada avistaje, se registró información relacionada a: la especie, el tamaño del grupo (mínimo, máximo y mejor número), clase etaria y posición geográfica (coordenadas del GPS). No obstante, acompañando los datos, se

obtuvieron registros fotográficos para confirmar la identificación de las especies y documentar características como marcas o evidencia de interacción antrópica.

El esfuerzo de observación se mantuvo bajo condiciones ambientales adecuadas (estado de mar nivel 3 escala Beaufort, visibilidad de más del 50% del campo y condición de luz óptima), evitando situaciones que interfieran con la correcta detección.

Procesamiento de datos

Se descargaron todos los datos correspondientes a los avistajes en plantillas de excel y se corrigieron errores de transcripción de datos. Por otro lado, se obtuvieron los datos del gps y se excluyeron todas las ubicaciones por fuera del área de estudio. A partir de esto, se recuperaron los avistajes que se encontraban dentro de las transectas donde hubo un esfuerzo de observación.

Se definieron segmentos de navegación correspondientes a cada transecta y se obtuvieron en total 48. En cada uno de estos, se especificó el número de individuos por especie, y luego, a partir de la longitud en millas, se obtuvieron las tasas de encuentro de cada especie.

Para futuros análisis de resultados, se calculó el esfuerzo de observación durante las transectas en el área de estudio. Este fue de 914,24 mn recorridas en 156 horas de esfuerzo, obtenidas a partir de la suma de los minutos totales de cada uno de los segmentos.

Análisis de datos

Análisis de cambios en el período 2024-2025

Para cada transecta, se calcularon las tasas de encuentro de cada especie, definiéndolas como el número de individuos observados por milla náutica recorrida. Estas tasas permitieron estandarizar los avistajes en función del esfuerzo de observación.

Los datos fueron organizados en una tabla con las siguientes columnas: zona, (Península Antártica y Mar del Scotia), período (2024-2025), n° del transecto, especies (jorobada y fin), número de individuos, millas y tasa de encuentro. A partir de estos, el análisis estadístico de los datos se realizó utilizando el software RStudio.

Para el análisis de este período de estudio, se aplicó el test Wilcoxon que fue previamente usado en el estudio de 2013-2014. En este caso, se consideraron diferencias estadísticamente significativas aquellas con valores de $p < 0.05$. A partir de esto, se analizaron diferencias como:

- Variaciones entre áreas para cada especie.
- Variaciones entre especies dentro de cada área.

Comparación de especies entre períodos de estudio 2013-2014 y 2024-2025

Para evaluar posibles cambios en las tasas de encuentro entre los períodos, se compararon los valores promedios correspondientes a cada especie y área. En el caso del período 2024-2025 se obtuvieron los promedios a partir de los datos originales de los transectos. Por otro lado, con respecto al período 2013-2014, se utilizaron los valores promedios de tasas de encuentro publicados. Se compilaron todos los datos en una tabla de excel que contenía las columnas de: zona, periodo, especie, individuos, millas y tasa.

A partir de esto, al no poderse realizar el test de Wilcoxon, por falta de información desagregada, los períodos se compararon de forma descriptiva. La tabla fue importada en RStudio para obtener los promedio de especies por período. Luego, se calculó el cambio porcentual entre cada año. Además para reforzar los resultados e identificar variaciones en el uso de área, se obtuvieron los cambios porcentuales de cada especie en cada área entre los períodos de estudio.

Resultados:

Durante el período 2024-2025 se registraron diferencias en las tasas de encuentro entre las áreas y especies (Tabla 1). En la Península Antártica, la ballena jorobada presentó una tasa de encuentro de 0.169 individuos por milla recorrida, mientras que la fin alcanzó una tasa de 0.125. En el área del Mar del Scotia, la mayor tasa de encuentro correspondió a la de jorobada, con 0.309 individuos por milla, mientras que la de ballena fin presentó un valor de 0.092.

Tabla 1: Tasa de encuentro para cada especie en cada área del período 2024-2025.

Área	Año	Especie	individuos	millas	tasa
Península Antártica	2024-2025	Jorobada	265	719.22	0,169
		Fin	196		0,125
Mar de Scotia		Jorobada	153	195.02	0.309
		Fin	20		0.092

Análisis de cambios en el período 2024-2025

Los valores obtenidos en ballena jorobada en la comparación entre áreas no mostró diferencias significativas siendo $p=0.875$. De igual forma, la ballena fin tampoco mostró diferencias significativas siendo $p=0.7135$.

Asimismo, las comparaciones entre las especies dentro de cada área no evidenciaron cambios significativos. Mientras que en la Península Antártica, resultó en $p=0.8406$, en Mar del Scotia, se obtuvo un $p=0.5662$.

Comparación de especies entre los períodos de estudio Al no poseer datos de cada transecta para ambos períodos, los valores obtenidos para jorobada en 2013-2014 fueron de 0.170 individuos por milla náutica y en 2024-2025 fueron de 0.239. Al calcular el cambio porcentual se registró un aumento del 40,6% de individuos en 2024-2025.

En el caso de la ballena fin, en 2013-2014 se registraron 0,143 individuos por milla náutica y en 2024-2025 0,108 individuos. Esto determinó una reducción del 24,12% de ballenas en 2024-2025.

Los resultados más relevantes para analizar las variaciones dentro de esos porcentajes fueron:

Tabla 2: Cambios porcentuales de las tasas de encuentro de ambos períodos.

especie	zona	2013-2014	2024-2025	cambio %
jorobada	PA	0.370	0.169	↓54%
jorobada	MS	0.070	0.309	↑341%
fin	PA	0.070	0.125	↑79%
fin	MS	0.180	0.092	↓49%

Discusión y Conclusiones:

Tasas de encuentro

Con respecto al análisis de los datos del período 2024-2025, los resultados obtenidos a partir del test Wilcoxon, indicaron que no se encontraron diferencias significativas en las tasas de encuentro entre las especies y las áreas de Península Antártica y Mar del Scotia. Esto sugiere que la distribución actual se acerca a la homogeneidad. Esto difiere de lo obtenido en el estudio de 2013-2014 ya que, en ellos se evidenció una clara segregación espacial entre ambas especies. En aquel estudio, la ballena jorobada presentó una tasa de encuentro en PA con valor promedio de 0.37 individuos/milla. Mientras que, en el área de MS, presentó un resultado de 0.02 individuos/milla. Por otro lado, la ballena fin presentó valores mayores en MS, alcanzando los 0.29 individuos/milla, mientras que, en PA la tasa de encuentro no superó los 0.07 individuos/milla (Reyes Reyes *et al*, 2014). Este patrón refleja una clara diferenciación en el uso del área de ambas especies, la cuál no se evidenció en el período de estudio de 2024-2025.

En relación a los valores promedios obtenidos en el presente estudio, comparándolos con Reyes Reyes *et al*. (2014), se observaron cambios en la magnitud de las tasas de encuentro para cada especie. La ballena jorobada mostró un aumento en la tasa, pasando de 0.170 a

0.239, representando un aumento aproximado del 40%. En contraste, la ballena fin, presentó una disminución en la tasa promedio cercana al 24% pasando de 0.143 a 0.108 individuos/milla. Sin embargo, estos valores promedio integran varios datos que solo pueden representar las tasas a nivel general.

Para obtener un análisis más específico sobre cada especie y cada área, la metodología llevó a encontrar información a través de la comparación de los resultados obtenidos de cada una de estas. A partir de esto, se evidenció una disminución del 54% de jorobadas en PA (área donde predominaba en 2013-2014), acompañada de un aumento del 341% en MS. A la vez, la ballena fin evidenció una disminución del 49% en MS (área donde predominaba en 2013-2014), junto a un aumento del 79% en PA. Estos datos no solo sugieren que hay un cambio en la distribución espacial de ambas especies, sino qué podría darse una reorganización en el uso de áreas de alimentación. Esto coincide con estudios recientes realizados para poblaciones de misticetos del hemisferio sur. Castro Ayala *et al.* (2026) documentaron intercambios entre poblaciones reproductivas de jorobada de Australia y Brasil. En este estudio, se sugiere que la recuperación poblacional, combinado con las modificaciones ambientales que afectan la disponibilidad de krill, podrían favorecer una mayor flexibilidad en las migraciones. Estos resultados respaldan la idea de que los cambios observados en la distribución de los cetáceos del Océano Austral pueden estar asociados a cambios en la disponibilidad de recursos y a la respuesta de las poblaciones al ambiente.

Análisis de las hipótesis

En relación a las hipótesis planteadas para este estudio, los resultados obtenidos permitieron evaluar tanto la distribución como la abundancia de ambas especies. Por un lado, se esperaba que la ballena jorobada se encuentre principalmente en sectores de la península y que la ballena fin se presente mayormente en Mar del Scotia. Sin embargo, los resultados no evidencian que haya una diferenciación espacial entre las especies, sino una mayor homogeneidad. No obstante, al analizar los cambios en las tasas, la ballena fin presenta un aumento en la presencia en península, mientras que, la ballena jorobada predomina en el Mar del Scotia. Esto respalda la segunda hipótesis donde se esperaba que las tasas de encuentro de *B. physalus* hayan aumentado en comparación a otros años.

Esta nueva representación en la distribución de las especies en aguas antárticas se da en un contexto de aumento de presión antrópica, asociado principalmente al aumento de la pesca de krill que, en el Área 48, alcanzó valores máximos históricos en 2024, con aproximadamente 498.350 toneladas capturadas (Figura 12). Este área comprende las subáreas 48.1 (Península Antártica, Islas Shetland del Sur y Mar de la Flota), 48.2 (Islas Orcadas del Sur), 48.3 (Islas Georgias del Sur y 48.6 (Mar del Scotia)(Figura 13). Las áreas analizadas en este estudio corresponden principalmente a la Península Antártica y al Mar del Scotia, las cuales coinciden

con las principales zonas de explotación de krill. Sin embargo, es importante entender que la PA no es un sistema homogéneo, por lo cual, la actividad pesquera se concentra en zonas específicas asociadas a la abundancia del recurso (CCAMLR, 2025).

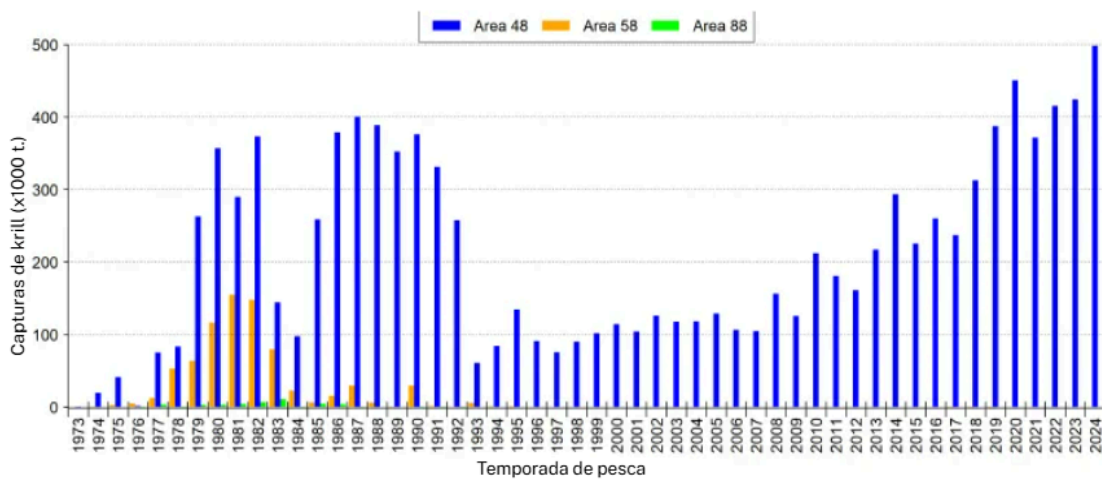


Figura 12: Capturas anuales del krill antártico por áreas. Recuperado y traducido de: CCAMLR, 2025)

En los últimos años, el esfuerzo pesquero se ha concentrado en el mar de la Flota (Subárea 48.1), en sectores cercanos a las Islas Orcadas del Sur (Subárea 48.2) y en áreas al norte de la Subárea 48.3. Esta organización espacial puede observarse a partir de las Unidades de Manejo a Pequeña Escala (SSMUs) de CCRVM (Comisión para la Conservación de los Recursos Vivos Marinos Antárticos) las cuales evidencian que tanto la distribución del krill como la actividad pesquera se estructuran en sectores definidos (Figura 12). Esta configuración espacial está determinada por el hecho de que el recurso no se distribuye de manera continua sino en agregaciones. Como consecuencia, las pesquerías generan que la disponibilidad de krill cambie espacialmente, donde hay áreas de alta explotación junto a parches donde el recurso se mantiene en altas concentraciones. Esto podría favorecer desplazamientos en las áreas de alimentación de las especies dependientes de krill. (CCAMLR, 2025)

En el caso de los datos que mostraron una alta homogeneidad con respecto a años anteriores en las poblaciones en 2024-2025, puede diferirse que esto no responde a un equilibrio en la distribución. Sino que, se produciría por una superposición espacial entre las especies que está determinada porque la presencia del krill se encuentra más localizada que antes.

Además, la superposición espacial entre las áreas de alimentación de los cetáceos y las zonas de extracción de krill podría incrementar la competencia por el recurso. Sin embargo, la respuesta de los misticetos a estos cambios probablemente no sea uniforme entre las especies. Las diferencias en sus estrategias de alimentación podrían influir en la forma en que cada una utiliza los recursos disponibles en la región.

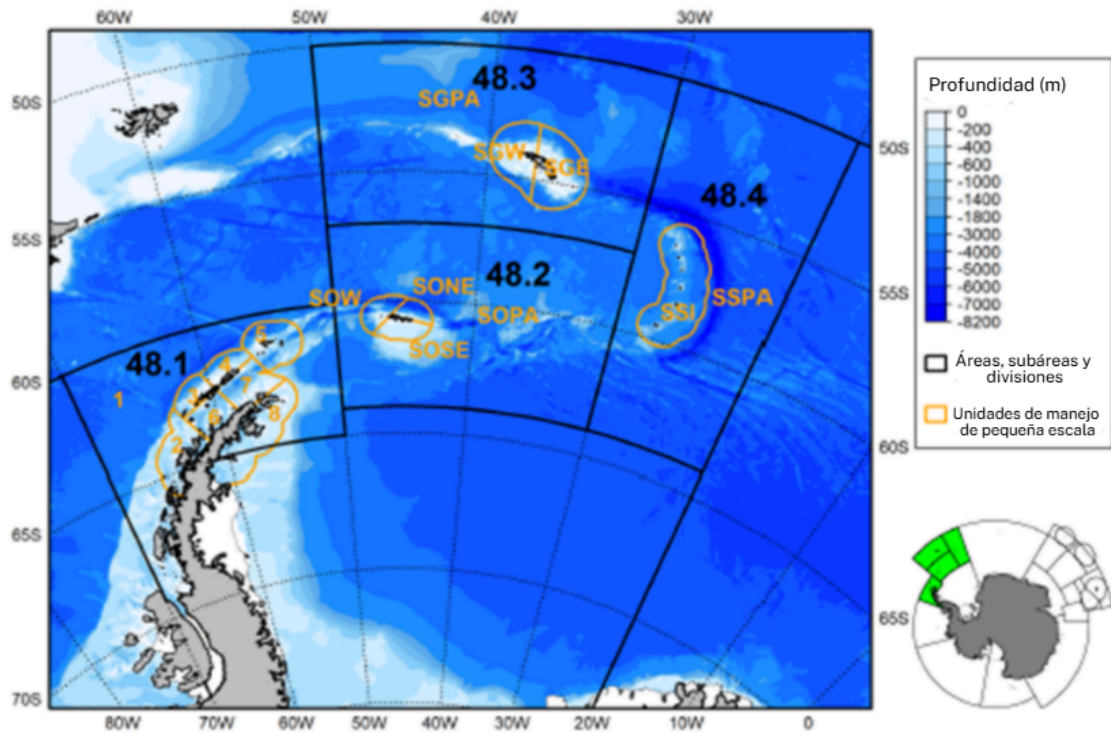


Figura 13. Mapa de áreas y unidades de manejo de pequeña escala. Recuperado y traducido (CCAMLR, 2025)

En un estudio de 2013, Goldbogen *et al.* explican que estas especies presentan distintas especializaciones ecológicas. Por un lado, la ballena fin, tiene preferencia por explotar agregaciones densas de krill, lo que la hace más sensible al impacto de la variación en estas. Por otro lado, las ballenas jorobadas presentan una alta plasticidad relacionada a las estrategias de alimentación. Esta flexibilidad les permite explotar recursos distribuidos de manera más heterogénea y modificar rápidamente sus estrategias frente a cambios en la disponibilidad del alimento. Por ende, se podría explicar por qué ambas especies mostraron patrones espaciales distintos entre los períodos analizados, aun compartiendo el mismo recurso trófico.

Por otro lado, en relación a los cambios ambientales, hay que tener en cuenta los cambios registrados recientemente del hielo marino. Como se observa en la Figura 13, la extensión del hielo antártico ha experimentado anomalías negativas, con una intensificación en 2016 y un pico evidente en el período 2022-2023. En el gráfico B, se evidencian anomalías dadas durante el año. Por un lado, los tonos rojos indican anomalías negativas y los azules, anomalías positivas. En el caso del gráfico C, se muestran numerosos meses recientes que se ubican entre los valores más bajos del registro histórico. Además, se explica que estas anomalías estuvieron asociadas a un patrón atmosférico de gran escala que favoreció la entrada de aire cálido hacia regiones clave como el Mar de Weddell y el Mar de Ross, generando anomalías térmicas de hasta $+8^{\circ}\text{C}$ en superficie terrestre y en el mar de hasta $+3^{\circ}\text{C}$. Estas condiciones afectaron a la formación de hielo y a intensificar su retroceso. (Josey, 2024)

En particular, durante el invierno austral (mayo-agosto) de 2023, la extensión del hielo alcanzó anomalías cercanas a los -2.3 millones de km^2 respecto al promedio 1981-2010, siendo uno de los eventos más extremos del registro (Ionita, 2024). Esto también se evidencia en otro estudio publicado en 2023 por Purich & Doddridge, donde el pico mínimo histórico fue en 2023. (Figura 14)

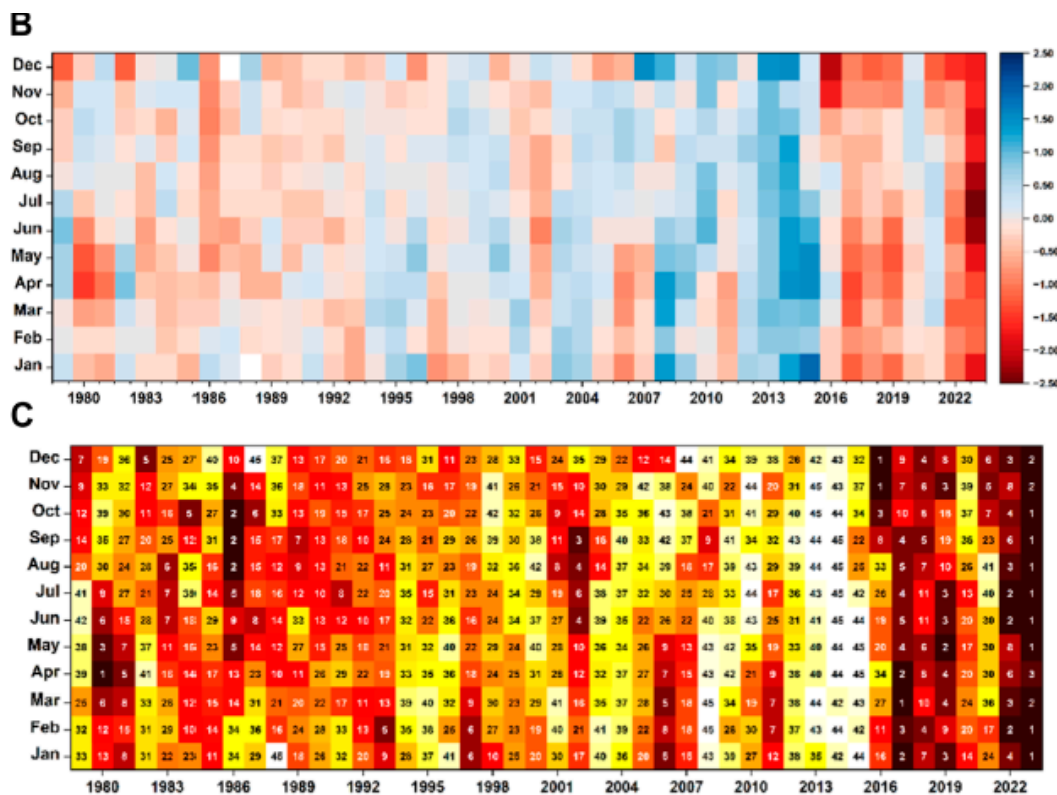


Figura 14: Extensión del hielo marino desde 1978 a 2023. Fuente: Ionita, 2023

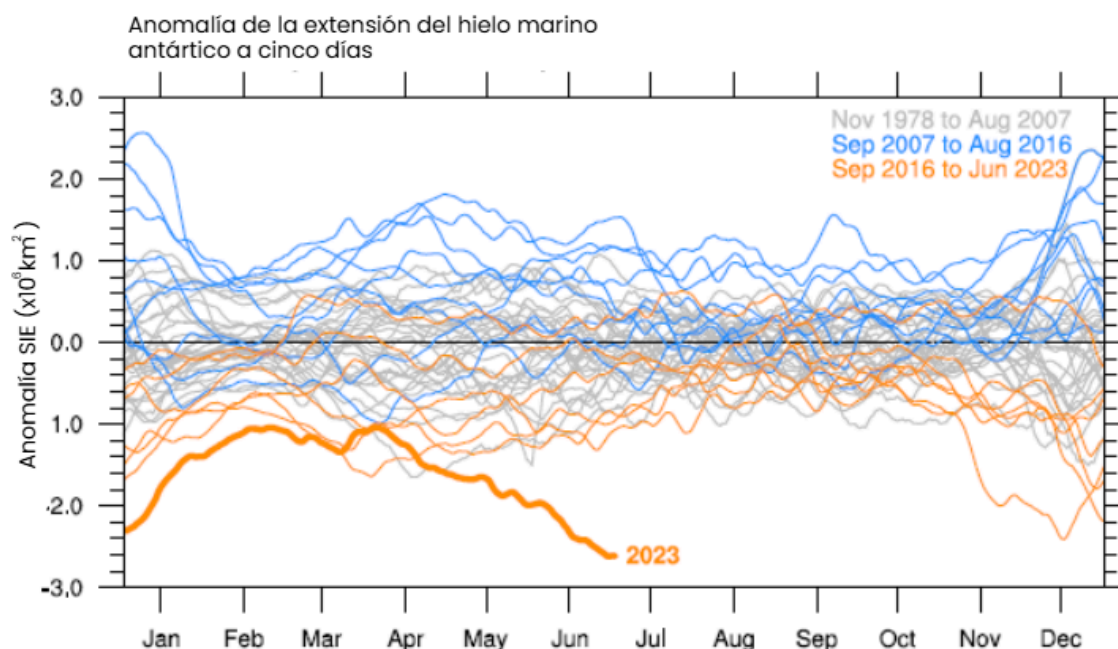


Figura 15: Valores asociados a las anomalías y la extensión de hielo en la Antártida. Recuperado y traducido de: Purich & Doddridge , 2023.

En términos ecológicos, como ya se mencionó en el marco teórico, la reducción del hielo marino tiene efectos directos en el krill (Purich & Doddridge, 2023). Principalmente, en el invierno austral, donde los valores de extensión fueron mínimos, el desarrollo y supervivencia de las larvas puede haberse visto afectado directamente.

Otro factor que influye en esto es la alta variabilidad climática interanual que está asociada al sistema ENSO (El Niño-Southern Oscillation), que incluye fases de La Niña. Existen diversos estudios que explican que este sistema, es responsable de entre un 20%-30% de los cambios en el hielo marino antártico (Wang *et al*, 2023). Esto se produce por una combinación de modificaciones en los patrones de viento y temperatura. Como puede observarse en la figura 15, durante estos eventos existe un aumento del aire en los trópicos que afecta la circulación atmosférica global. Esto lleva a que entre más aire cálido y húmedo a la Antártida. Además, incide directamente en el océano donde el agua más profunda sube hacia la superficie y aumenta la temperatura. Esto produce que el hielo se forme con mayor dificultad.

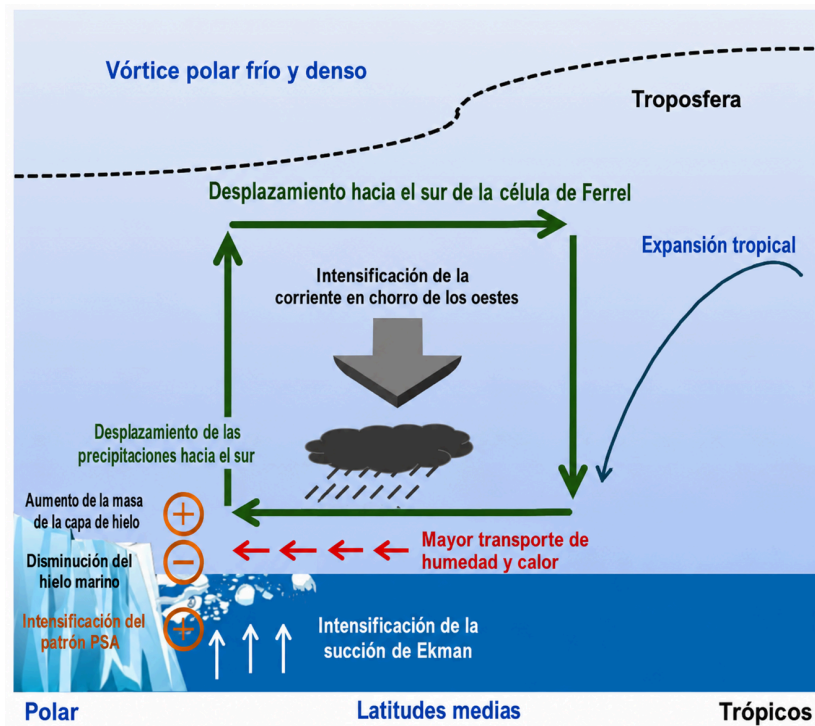


Figura 16: Ilustración esquemática sobre la conexión entre los eventos de La Niña y los cambios climáticos en la superficie Antártica. Recuperado y traducido: Wang et al, 2025.

Además, este fenómeno no se da en toda la región de manera uniforme sino que producen anomalías de distinto grado, lo que lleva a que haya diferencias espaciales en la distribución del hielo. (Wang et al, 2025)

Como se observa en la Figura 16, la extensión del hielo marino antártico presentó una marcada disminución en los últimos años, con una gran caída durante el período 2021-2023. En el gráfico A, se evidencia que en estos años se registraron las anomalías negativas más intensas dadas por el efecto de La Niña (barras azules). Por otro lado, en los gráficos b y c, se representa una comparación espacial en la reducción del hielo marino. Así se muestra cómo en 2023, se produjeron no solo eventos más intensos, sino que impactaron en más zonas que en eventos anteriores como en 2001.

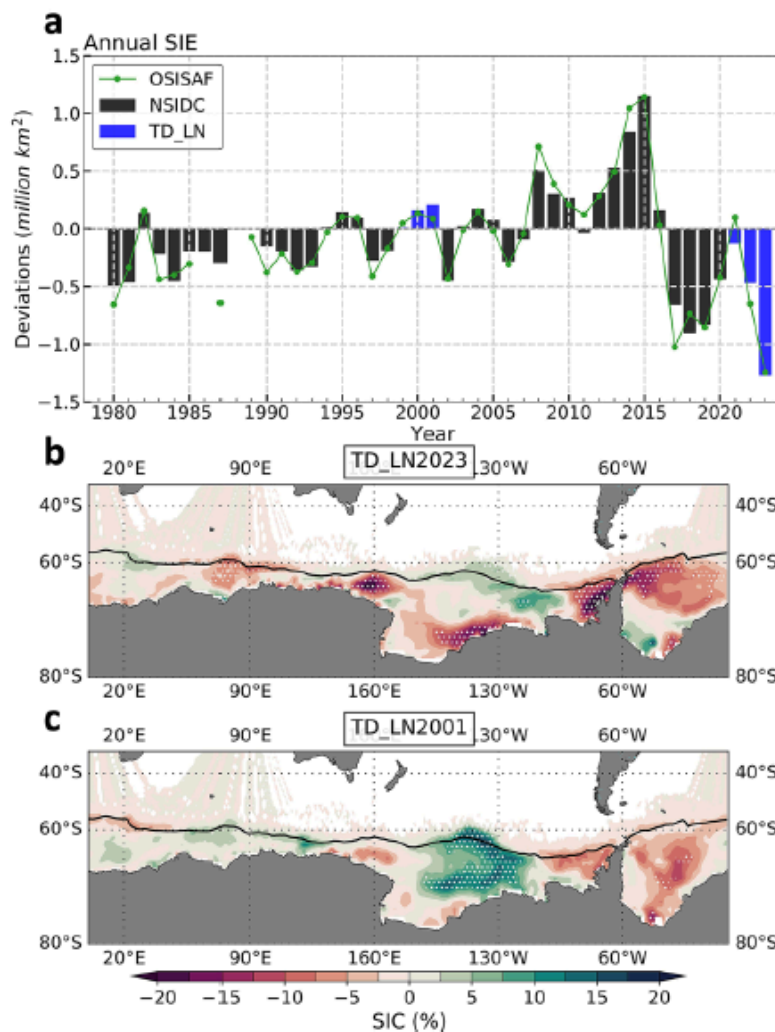


Figura 17: Gráficos espaciales y temporales en los cambios de la masa de hielo en años donde sucedió La Niña. Fuente: Wang et al, 2025.

Estos cambios, pueden alterar tanto el reclutamiento como la localización del recurso, generando un patrón más heterogéneo. En este contexto, los desplazamientos en las áreas de alimentación de las ballenas podrían interpretarse como una respuesta a esta reorganización ambiental.

Para concluir, es importante resaltar que las diferencias analizadas entre períodos refuerzan la necesidad de estudiar la distribución de los cetáceos antárticos dentro de un ambiente que depende de variedad de factores. Las áreas analizadas en este estudio se encuentran comprendidas dentro de la propuesta de Área Marina Protegida Dominio 1, impulsada por Argentina y Chile en el marco de la CCAMLR (CCAMLR, 2017, pp. 32–35). Esta propuesta

tiene como objetivo conservar procesos ecológicos esenciales y proteger áreas de alta biodiversidad, promoviendo además una gestión que permita el uso sostenible de los recursos marinos. Se incluye en esta propuesta la necesidad de reducir conflictos entre la pesquerías y las especies, y preservar áreas de importancia que funcionan como importantes sitios de alimentación.

En este sentido, los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento científico para respaldar la toma de decisiones en torno a la conservación. La identificación de áreas utilizadas por los cetáceos aporta evidencia para comprender la dinámica espacial de estos en la región y resalta la importancia de los programas de monitoreo de largo plazo que permitan evaluar las respuestas de estas especies frente al avance de cambios ambientales.

Bibliografía:

- Aguilar, A., & García-Vernet, R. (2018). Fin whale (*Balaenoptera physalus*). En B. Würsig, J. G. M. Thewissen & K. M. Kovacs (Eds.), *Encyclopedia of Marine Mammals* (3rd ed.). Academic Press.
- Albertson, G. R., Friedlaender, A. S., Steel, D. J., Aguayo-Lobo, A., Bonatto, S. L., Caballero, S., Constantine, R., Cypriano-Souza, A. L., Engel, M. H., Garrigue, C., Flórez-González, L., Johnston, D. W., Nowacek, D. P., Olavarría, C., Poole, M. M., Read, A. J., Robbins, J., Sremba, A. L., & Baker, C. S. (2017). Temporal stability and mixed-stock analyses of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the nearshore waters of the Western Antarctic Peninsula. *Polar Biology*, 40(11), 2237-2252. <https://doi.org/10.1007/s00300-017-2193-1>
- Allen, J., Carlson, C., & Stevick, P. T. (2011). A description and summary of the Antarctic Humpback Whale Catalogue. *Journal of Cetacean Research and Management* (Special Issue), 3, 95-99.
- Bedriñana-Romano, L., Zerbini, A. N., Andriolo, A., Danilewicz, D., & Sucunza, F. (2022). Individual and joint estimation of humpback whale migratory patterns and their environmental drivers in the Southwest Atlantic Ocean. *Scientific Reports*, 12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-11536-7>
- Brown, S. G. (1963). A review of Antarctic whaling. *Polar Record*, 11(73), 555-566.
- Buckland, S. T., Anderson, D. R., Burnham, K. P., & Laake, J. L. (1993). Distance sampling: Estimating abundance of biological populations.
- Buono, M. R. (2014). Evolución de los Balaenidae (Mammalia: Cetacea: Mysticeti) del Mioceno de Patagonia: Sistemática, filogenia y aspectos paleobiológicos. *Mastozoología Neotropical*, 21(1), 176-178.
- Castro Ayala, C., Stack, S. H., Marcondes, M. C. C., Cardoso, J., Cheeseman, T., Currie, J. J., Francisco, A., Olio, M., Righi, B., Stuckenbrock, S., & Sousa-Lima, R. S. (2026). First evidence of bidirectional exchange between distant humpback whale breeding populations in eastern Australia and Brazil. *Royal Society Open Science*, 13, 260251. <https://doi.org/10.1098/rsos.260251>
- Castellini, M. (2000). History of polar whaling: Insights into the physiology of the great whales. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*, 126(2), 153-159. [https://doi.org/10.1016/S1095-6433\(00\)00209-9](https://doi.org/10.1016/S1095-6433(00)00209-9)

- CCAMLR (2017). Domain 1. *Report of the thirty-sixth meeting of the Scientific Committee (SC-CAMLR-XXXVI)*.
- CCAMLR Secretariat. (2025). *Fishery report 2024: Euphausia superba in Area 48. Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources (CCAMLR)*.
- Corkeron, P. J., & Connor, R. C. (1999). Why do baleen whales migrate? *Marine Mammal Science*, 15(4), 1228-1245.
- Cotté, C., & Guinet, C. (2007). Historical whaling records reveal major regional retreat of Antarctic sea ice. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 54(2), 243-252. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2006.11.001>
- Crosta, X., Kohfeld, K. E., Bostock, H. C., Chadwick, M., Du Vivier, A., Esper, O., Etourneau, J., Jones, J., Leventer, A., Müller, J., Rhodes, R. H., Allen, C. S., Ghadi, P., Lamping, N., Lange, C. B., Lawler, K.-A., Lund, D., Marzocchi, A., Meissner, K. J., & Yang, J. (2022). Antarctic sea ice over the past 130,000 years, Part 1: A review of what proxy records tell us. *The Cryosphere Discussions*. <https://doi.org/10.5194/egusphere-2022-99>
- Dakin, W. J. (1947). Antarctic whaling. *The Australian Quarterly*, 19(3), 9-20.
- Ding, Y. R., Liu, X., Dai, X. F., Yang, Y., Yin, G. Y., Sun, H. P., & Guo, J. Y. (2025). Spatiotemporal analysis of sea ice in the Weddell Sea of Antarctic based on GTWR. *Scientific Reports*, 15, 5863. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-90106-z>
- Fach, B. A., Hofmann, E. E., & Murphy, E. J. (2006). Transport of Antarctic krill (*Euphausia superba*) across the Scotia Sea. Part II: Krill growth and survival. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 53(6), 1011-1043. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2006.03.007>
- Fagan, W. F. (2019). Migrating whales depend on memory to exploit reliable resources. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(12), 5217-5219.
- Félix, F., Acevedo, J., Aguayo-Lobo, A., Ávila, I. C., Botero-Acosta, N., Calderón, A., Cáceres, B., Capella, J., Carnero, R., Castro, C., Cheeseman, T., Dalla Rosa, L., Dellabianca, N., Denking, J., Friedlaender, A., Guzmán, H., Haase, B., Haro, D., Huckle-Gaete, R., Vásquez, E. (2021). Humpback whale breeding stock G: Updated population estimate based on photo-ID matches between breeding and feeding areas (SC/68C/ASI/02). *International Whaling Commission Scientific Committee*.
- Flores, H., Atkinson, A., Kawaguchi, S., Krafft, B. A., Milinevsky, G., Nicol, S., Reiss, C., Tarling, G. A., Werner, R., Bravo Rebolledo, E., Cirelli, V., Cuzin-Roudy, J., Fielding, S., Groeneveld, J. J., Haraldsson, M., Lombana, A., Marschoff, E., Meyer, B., Pakhomov, E.

- A., & Werner, T. (2012). *Impact of climate change on Antarctic krill. Marine Ecology Progress Series*, 458, 1-19. <https://doi.org/10.3354/meps09831>
- Goldbogen, J. A., Friedlaender, A. S., Calambokidis, J., McKenna, M. F., Simon, M., & Nowacek, D. P. (2013). Integrative approaches to the study of baleen whale diving behavior, feeding performance, and foraging ecology. *BioScience*, 63(2), 90-100. <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.2.5>
- Herr, H., Viquerat, S., Devas, F., Lees, A., Wells, L., Gregory, B., Giffords, T., Beecham, D., & Meyer, B. (2022). Return of large fin whale feeding aggregations to historical whaling grounds in the Southern Ocean. *Scientific Reports*, 12, 9458. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-13798-7>
- Ionita, M. (2024). Large-scale drivers of the exceptionally low winter Antarctic sea ice extent in 2023. *Frontiers in Earth Science*, 12, 1333706. <https://doi.org/10.3389/feart.2024.1333706>
- Johnston, S., Zerbini, A. & Butterworth, D. (2011) A Bayesian approach to assess the status of Southern Hemisphere humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) with an application to Breeding Stock G. *The Journal of Cetacean Research and Management*. 3, 309-317. <https://doi.org/10.47536/jcrm.vi.302>
- Josey, S. A., Meijers, A. J. S., Blaker, A. T., Grist, J. P., Mecking, J., & Ayres, H. C. (2024). Record-low Antarctic sea ice in 2023 increased ocean heat loss and storms. *Nature*, 636, 635-642. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-08368-y>
- Lange, M. A., Ackley, S. F., Wadham, P., Dieckmann, G. S., & Eicken, H. (1989). Development of sea ice in the Weddell Sea. *Annals of Glaciology*, 12, 92-96. <https://doi.org/10.3189/S0260305500007023>
- Luengo-S, O., Rosado, B., Jiménez-Morales, V., de Gil, A., Gómez-Enri, J., Bruno, M., & Berrocoso, M. (2025). Long-term seawater temperature records at Livingston and Deception Islands, Antarctica. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1566852. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1566852>
- Løviknes, S., Jensen, K. H., Krafft, B. A., Anthonypillai, V., & Nøttestad, L. (2021). Feeding hotspots and distribution of fin and humpback whales in the Norwegian Sea from 2013 to 2018. *Frontiers in Marine Science*, 8, 632720. <https://doi.org/10.3389/fmars.2021.632720>
- Meyer, B. (2012). The overwintering of Antarctic krill, *Euphausia superba*, from an ecophysiological perspective. *Polar Biology*, 35(1), 15-37. <https://doi.org/10.1007/s00300-011-1120-0>

- Orsi, A. H., Whitworth, T., III, & Nowlin, W. D., Jr. (1995). On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 42(5), 641–673. [https://doi.org/10.1016/0967-0637\(95\)00021-W](https://doi.org/10.1016/0967-0637(95)00021-W)
- Pereira-Vázquez, T., Aguiar-González, B., Rodríguez-Santana, Á., Veny, M., & Marrero-Díaz, Á. (2025). Western boundary current system in the Weddell Sea: Interplay of thermohaline gradients and wind stress forcing across seasonal scales. *Frontiers in Marine Science*, 12, 1540777. <https://doi.org/10.3389/fmars.2025.1540777>
- Purich, A., & Doddridge, E. W. (2023). Record low Antarctic sea ice coverage indicates a new sea ice state. *Communications Earth & Environment*, 4, 314. <https://doi.org/10.1038/s43247-023-00961-9>
- Ramos, E. A., Cheeseman, T., Marcondes, M. C. C., Olio, M., Vogel, A., Elwen, S., de Melo, T. H. M., Facchola, C., Cipolotti, S., Southerland, K., Findlay, K., Seyboth, E., McCue, S. A., Kotze, P. G. H., & Seakamela, S. M. (2023). Interchange of Southern Hemisphere humpback whales across the South Atlantic Ocean. *Scientific Reports*, 13, 4621. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-31358-5>
- Remili, A., Gallego, P., Pinzone, M., Castro, C., Jauniaux, T., Garigliany, M.-M., Malarvannan, G., Covaci, A., & Das, K. (2020). Humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) breeding off Mozambique and Ecuador show geographic variation of persistent organic pollutants and isotopic niches. *Environmental Pollution*, 267, 115575. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115575>
- Reyes Reyes, M. V., Trickey, J. S., Baumann-Pickering, S., Melcón, M. L., Hildebrand, J. A., & Iñíguez, M. A. (2014). Sightings and acoustic records of cetaceans during the SORP Voyage 2014 (SC/65b/SH16). *International Whaling Commission*.
- Rizzo, L. Y., & Schulte, D. (2009). A review of humpback whales' migration patterns worldwide and their consequences to gene flow. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 89(5), 995-1002.
- Roman, J., & McCarthy, J. (2010). The whale pump: Marine mammals enhance primary productivity in a coastal basin. *PLoS ONE*, 5(10), e13255. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0013255>
- Schaafsma, F. L., David, C., Pakhomov, E. A., Hunt, B. P. V., Lange, B. A., Flores, H., & van Franeker, J. A. (2016). Size and stage composition of age class 0 Antarctic krill (*Euphausia superba*) in the ice-water interface layer during winter/early spring. *Polar Biology*, 39(8), 1515-1526. <https://doi.org/10.1007/s00300-015-1877-7>

- Seyboth, E., Meynecke, J.-O., de Bie, J., Roychoudhury, A., & Findlay, K. (2023). A review of post-whaling abundance, trends, changes in distribution and migration patterns, and supplementary feeding of Southern Hemisphere humpback whales. *Frontiers in Marine Science*, 10, 997491. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.997491>
- Siegel, V., Reiss, C. S., Dietrich, K. S., Haraldsson, M., & Rohardt, G. (2013). Distribution and abundance of Antarctic krill (*Euphausia superba*) along the Antarctic Peninsula. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 77, 63-74. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2013.02.005>
- Smith, D. A., Hofmann, E. E., Klinck, J. M., & Lascara, C. M. (1999). Hydrography and circulation of the West Antarctic Peninsula continental shelf. *Deep-Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 46(6), 925-949.
- van Weelden, C., Towers, J. R., & Bosker, T. (2021). Impacts of climate change on cetacean distribution, habitat and migration. *Climate Change Ecology*, 1, 100009.
- Viquerat, S., Waluda, C. M., Kennedy, A. S., Jackson, J. A., Hevia, M., Carroll, E. L., Buss, D. L., Burkhardt, E., Thain, S., Smith, P., Secchi, E. R., Santora, J. A., Reiss, C., Lindstrøm, U., Krafft, B. A., Gittins, G., Dalla Rosa, L., Biuw, M., & Herr, H. (2022). Identifying seasonal distribution patterns of fin whales across the Scotia Sea and the Antarctic Peninsula region using a novel approach combining habitat suitability models and ensemble learning methods. *Frontiers in Marine Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1040512>
- Wang, S., Liu, J., Cai, W., Yang, D., Kerzenmacher, T., Ding, S., & Cheng, X. (2025). Strong impact of the rare three-year La Niña event on Antarctic surface climate changes in 2021-2023. *Climate and Atmospheric Science*, 8, 173. <https://doi.org/10.1038/s41612-025-01066-0>
- Zerbini, A. N., Adams, G., Best, J., Clapham, P. J., Jackson, J. A., & Punt, A. E. (2019). Assessing the recovery of an Antarctic predator from historical exploitation. *Royal Society Open Science*, 6(10), 190368. <https://doi.org/10.1098/rsos.190368>
- Zerbini, A. N., Andriolo, A., Heide-Jørgensen, M. P., Moreira, S. C., Pizzorno, J. L., Maia, Y. G., VanBlaricom, G. R., & DeMaster, D. P. (2011). Migration and summer destinations of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) in the western South Atlantic Ocean. *Journal of Cetacean Research and Management (Special Issue)*, 3, 113-118.