

Cetáceos y salmonicultura:

desafíos para la protección
de la biodiversidad marina
en la Patagonia chilena



GREENPEACE

Cetáceos y salmonicultura: desafíos para la protección de la biodiversidad marina en la Patagonia chilena

© Asociación Interamericana
para la Defensa del Ambiente (AIDA)
Noviembre, 2024



AUTORAS:

Dra. Susannah Buchan
MSc. Macarena Santos-Carvallo
Dra. Maritza Sepúlveda
Dra. María José Pérez-Álvarez

CORRECCIÓN DE ESTILO

Natalia Álvarez-Martínez
Florencia Ortúzar Greene
Víctor Quintanilla-Sangüeza

DISEÑO EDITORIAL

Fernanda Núñez Espinosa

FOTOGRAFÍA DE PORTADA

Ballena Jorobada
© Jazmín Carey.
Greenpeace

Informe encargado por la Asociación
Interamericana para la Defensa del
Ambiente (AIDA)

La Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA) es una organización regional que utiliza el derecho y la ciencia para proteger el ambiente y a las comunidades de América Latina y el Caribe, contribuyendo así a lograr justicia ambiental y climática en el continente.

Este informe científico —encargado por AIDA a un equipo multidisciplinario de expertas, en alianza con ONG FIMA y Greenpeace— pone sobre la mesa la información disponible acerca de los impactos que la salmonicultura está teniendo en los cetáceos de la Patagonia chilena, identificando riesgos graves para estos animales y haciendo hincapié en la falta de datos para entender su magnitud y consecuencias. Esperamos que la publicación llene el vacío de información que, ante la muerte de ballenas en los mares chilenos, se ha vuelto incómodo e incluso insostenible, y que además motive el desarrollo de nueva investigación. La evidencia que el informe ofrece puede impulsar una respuesta del gobierno hacia la rápida implementación de medidas de protección concretas y efectivas para ballenas y delfines, aún en un escenario de conocimiento limitado.



GREENPEACE

Cetáceos y salmonicultura:

desafíos para la protección
de la biodiversidad marina
en la Patagonia chilena

CONTENIDO

	Resumen ejecutivo	1
	Introducción	8
	CAPÍTULO 1 Cetáceos en la Patagonia chilena	9
	CAPÍTULO 2 Impactos de la salmonicultura en los cetáceos	18
	CAPÍTULO 3 Legislación nacional e internacional para la protección de los cetáceos.....	30
	CAPÍTULO 4 Conclusiones	37
	CAPÍTULO 5 Recomendaciones para personas tomadoras de decisiones	40
	Referencias	45
	ANEXO Cetáceos más frecuentemente avistados en la Patagonia chilena	57



ACRÓNIMOS

AIDA: Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente

CDB: Convenio sobre la Diversidad Biológica

CBI: Comisión Ballenera Internacional

CIFAMAC: Centro de Investigación de Fauna Marina y Avistamiento de Cetáceos

CITES: Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres

CMS: Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias (conocida también como Convención de Bonn)

EIA: Evaluación (es) de impacto ambiental

FIMA: Fiscalía del Medio Ambiente

ISA: Infectious Salmon Anemia (Anemia Infecciosa del Salmón)

IWC-CC: International Whaling Commission Conservation Committee (Comité de Conservación de la Comisión Ballenera Internacional)

LGPA: Ley General de Pesca y Acuicultura

LOFF: Final List of Foreign Fisheries (Lista Final de Pesquerías Extranjeras)

NMFS: National Marine Fisheries Service (Servicio Nacional de Pesquerías Marinas)

NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica)

PBR: Potential Biological Removal (Remoción Biológica Potencial)

RCE: Reglamento de Clasificación de Especies

RAMA: Reglamento Ambiental para la Acuicultura

RPVEW: Relative Probability of Vessel Encounter with Whale (Probabilidad Relativa de Encuentro de Embarcaciones con Ballenas)

SERNAPESCA: Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura

SUBPESCA: Subsecretaría de Pesca y Acuicultura

UICN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

VD: Vessel Density (Densidad de Embarcaciones)

PRÓLOGO

En 2018, las organizaciones ambientales Asociación Interamericana para la Defensa del Ambiente (AIDA), Greenpeace y ONG FIMA nos unimos para enfrentar la amenaza de la expansión de la salmonicultura en las aguas australes de la Patagonia chilena. Desde entonces, hemos trabajado activamente para denunciar y detener los impactos de la producción intensiva de salmón en los prístinos ecosistemas donde se realiza, incluyendo las áreas especiales creadas con objetivos de protección ambiental.

En 2021, se publicó un estudio científico acerca de la interacción de ballenas y embarcaciones en la Patagonia chilena, el cual incluía un video que muestra a una ballena azul desplazándose por una zona con alto tránsito de embarcaciones.¹ Según la investigación, el mamífero más grande del mundo y en peligro de extinción, comparte espacio con hasta 870 embarcaciones diarias en las aguas de la Patagonia chilena, una de sus principales zonas de alimentación. La investigación confirmó que el 83% de todos los buques involucrados operaba para la industria de la acuicultura.

Este hallazgo abrió los ojos a una nueva arista de la problemática ambiental que se vive hoy en la Patagonia chilena, que alberga a cerca del 30% de las especies de cetáceos del mundo, incluyendo el delfín chileno, especie endémica del país. Fue lo que nos llevó a encargar un informe científico a un equipo multidisciplinario de expertas para poner sobre la mesa la información disponible.

Los resultados arrojaron evidencia del impacto que la salmonicultura está teniendo en los cetáceos de la Patagonia chilena, poniendo de relieve la falta de estudios e información para entender la magnitud y consecuencias de dichos impactos, así como el verdadero riesgo que implican.

Más allá de complementar los esfuerzos de la sociedad civil por demostrar la urgencia de detener la expansión de la salmonicultura en los mares australes del país, esperamos que este informe y alerte específicamente acerca del problema real y potencialmente irreversible que está afectando a estas emblemáticas especies.

Esperamos, además, que las recomendaciones del informe incentiven el desarrollo de medidas de protección para los cetáceos, aún en un escenario de conocimiento insuficiente, en concordancia con el Principio Precautorio —reconocido en la Ley General de Pesca y Acuicultura, en la legislación nacional y en el derecho internacional—, que establece la obligación de actuar en favor de la protección ambiental, incluso ante la incertidumbre. Finalmente, esperamos que este informe motive el desarrollo de mayor investigación, necesaria para aterrizar medidas de protección concretas y efectivas que hagan de nuestras aguas un espacio seguro para ballenas y delfines.



¹ Video disponible en: <https://youtu.be/GP1-UEJ8ZsE>



Resumen ejecutivo

Introducción

En las últimas tres décadas, la industria salmonera en Chile ha crecido rápidamente posicionando al país como el segundo mayor productor mundial de salmón, después de Noruega. Este desarrollo acelerado ha generado importantes impactos en los ecosistemas marinos, especialmente en las tres regiones australes donde se concentra la producción (Quiñones et al., 2019; Buschmann et al., 2021). Hoy casi el 50% del total de la producción nacional ocurre en Aysén, 35% en la región de Los Lagos y 15% en Magallanes (Bravo et al., 2023).

Las interacciones negativas entre la salmonicultura y los mamíferos marinos, especialmente los cetáceos, son una creciente preocupación que no ha sido suficientemente estudiada (Quiñones et al., 2019; Hucke-Gaete et al., 2021). Los impactos —como la degradación y pérdida de hábitat, los enmallados accidentales, colisiones con embarcaciones y otros— son indudablemente problemáticos (Quiñones et al., 2019; Espinosa-Miranda et al., 2020). Sin embargo, faltan estudios científicos contundentes y estadísticas de estos temas. Comprender estas amenazas es fundamental para promover la conservación de estos emblemáticos seres marinos.

Cetáceos en la Patagonia chilena

Los mares de la Patagonia chilena albergan uno de los sistemas de fiordos más extensos del mundo, sustentando ecosistemas únicos con alta biodiversidad (Silva & Vargas, 2014), incluidos cetáceos (misticetos y odontocetos). En total, existen 94 especies de cetáceos que hay en el mundo, 43 (46%) se encuentran en Chile, 26 (28%) de ellas habitan específicamente en la Patagonia (Tabla 1).

A nivel global, los cetáceos —presentes en todos los océanos del planeta— desempeñan un rol crucial en la estructura, dinámica y función de los ecosistemas (Kiszka et al., 2022). Se ha observado que variaciones en ciertas poblaciones de pequeños cetáceos afectan la dinámica poblacional de sus presas, incluso de especies sin vínculo trófico directo (Lassalle et al., 2012). Por otro lado, las grandes ballenas y cachalotes influyen en el ciclo del carbono, almacenándolo en su biomasa corporal y contribuyendo a su secuestro en el fondo marino cuando sus cadáveres se hunden (Roman et al., 2014; Doughty et al., 2016; Hammerschlag et al., 2019; Smith, 2006; Savoca et al., 2021). A su vez, las fecas de estos animales pueden estimular el crecimiento del fitoplancton y la captura de CO₂ atmosférico (Roman & McCarthy, 2010). Los cetáceos también actúan como indicadores de productividad, alertando tempranamente de posibles cambios en los ecosistemas (Bossart, 2011).

Distintas presiones antropogénicas afectan a los cetáceos, algunas potencialmente letales o subletales, como la captura incidental con artes de pesca o en la acuicultura (Viddi, 2008; Espinosa-Miranda et al., 2020; Registros de varamientos del SERNAPESCA, 2009-2022), las colisiones con embarcaciones (Brownell et al., 2009; Hucke-Gaete et al., 2021; Registros de varamientos del SERNAPESCA, 2009-2022), la pérdida o degradación del hábitat (Andrés et al., 2021; Hucke-Gaete et al., 2021) y la contaminación acústica (Rolland et al., 2012), entre otras.

En la Patagonia chilena, entre las especies de misticetos (cetáceos con barbas) más comunes de avistar están la ballena azul, la ballena sei y la ballena jorobada. Del grupo de odontocetos (cetáceos con dientes), está el delfín chileno, el único cetáceo endémico del país, y el delfín austral. Adicionalmente, existen en la Patagonia siete especies de la familia *Ziphiidae*, una de las familias de cetáceos más diversas del mundo.

Impactos de la salmonicultura en los cetáceos

A continuación, se identifican algunos de los principales impactos de la salmonicultura en los cetáceos.



Captura incidental en redes antidepredadores

Por su letalidad, se trata del impacto con mayor grado de afectación en los cetáceos (Kemper & Gibbs, 2001). A pesar de la falta de registros oficiales, que dificulta una evaluación precisa del problema, existen casos documentados de muerte de delfines y ballenas en centros de cultivo de salmones en Chile. Esto ocurre principalmente en las redes antidepredadores de las balsas jaulas de los centros de salmonicultura, que se instalan para evitar la entrada de depredadores, principalmente de lobos marinos. Es necesario implementar métodos más modernos, utilizados en otras partes del mundo, para reducir la captura incidental.



Colisiones con embarcaciones

Las colisiones entre embarcaciones y cetáceos —que pueden resultar en muerte, heridas, cortes o amputaciones— son una amenaza cada vez mayor debido al aumento del tráfico marítimo asociado con actividades humanas (Sèbe et al., 2019). Las respuestas conductuales lentas de la ballena azul podrían limitar su capacidad de escape frente a esta amenaza (McKenna et al., 2015). Aunque no hay registros fiables para contar con números al respecto, sabemos que más del 80% de las embarcaciones activas en la Patagonia norte están relacionadas con actividades de acuicultura (Bedriñana-Romano et al., 2021).



Contaminación acústica

Otro impacto importante está relacionado con la contaminación acústica, que afecta a los cetáceos que dependen del sonido para su ecolocalización, captura de presas, comunicación e interacción social. Existe amplia evidencia de los impactos del ruido del tráfico marítimo en los cetáceos a nivel fisiológico, conductual y en sus formas de comunicación (p. ej. Tyack & Clark, 2000). Si bien no se ha hecho una evaluación específica acerca del impacto del ruido asociado a las actividades acuícolas en Chile, los niveles actuales de tráfico vinculados a la salmonicultura sin duda impactan los espacios acústicos de los cetáceos.



Escapes de salmones y competencia con la fauna nativa

El escape de salmónidos desde las balsas jaulas es considerado uno de los principales problemas ambientales de la salmonicultura (Sepúlveda et al., 2013; Quiñones et al., 2019). Los salmones escapados compiten con o depredan la fauna nativa, impactando significativamente la biota marina local (Soto et al., 2001; García De Leaniz et al., 2010). No se ha evaluado el posible impacto de este fenómeno en los cetáceos, particularmente en los más pequeños.



Contaminación por plásticos y microplásticos

Otro asunto que vale la pena atender es la contaminación por plásticos, particularmente microplásticos, asociada a la industria (Castillo et al., 2020). En 2022, un estudio en Chile cuantificó la presencia de microplásticos en sedimentos marinos de la Patagonia norte del país, encontrando que cerca del 40% del total se explicaba por la proximidad a centros de cultivo de salmónidos (Jorquera et al., 2022). El impacto de esta contaminación en mamíferos marinos en Chile no ha sido estudiado.



Uso de antibióticos

El uso de antibióticos en la salmonicultura en Chile es también fuente de preocupación, ya que el país tiene una de las tasas más altas a nivel mundial (Millanao et al., 2011; Miranda et al., 2018). Un porcentaje de los antibióticos usados se libera al medio marino mediante el alimento no consumido, la orina y las heces de los salmones (Miranda et al., 2018). Existe evidencia de que el uso de antibióticos en la acuicultura genera resistencia y patógenos más virulentos (Cabello et al., 2013, 2016). En 2014, un estudio sugirió una posible relación entre el uso de antibióticos en la salmonicultura y la aparición de lesiones cutáneas en delfines australes y chilenos (Sanino et al., 2014). Sin embargo, a pesar de esta preocupación, en Chile no existe suficiente información acerca de este uso y de sus efectos en el medio marino. El efecto que pueda tener el uso de antibióticos en los mamíferos marinos es desconocido.



Condiciones hipóxicas

Uno de los impactos ambientales más significativos de la industria acuícola es la hipoxia y anoxia. Estas situaciones se generan debido al exceso de materia orgánica proveniente de los centros de cultivo, que al degradarse consume oxígeno (Quiñones et al., 2019, y referencias). Aunque estas condiciones no afectan directamente a los cetáceos, sí podrían impactar a sus potenciales presas, lo que tendría consecuencias a nivel poblacional, especialmente para los cetáceos más pequeños (Viddi et al., 2016). Es necesario realizar más estudios acerca del impacto de las hipoxias locales en los peces que son presas de los cetáceos pequeños en la Patagonia chilena.

Legislación nacional e internacional para la protección de los cetáceos

Legislación actual en Chile

El Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) contiene medidas para reducir las interacciones entre la acuicultura y mamíferos marinos. Y obliga a informar de estas interacciones bajo pena de sanción. En él no se exige, sin embargo, contar con observadores científicos imparciales, como sí se requiere para la pesca.

La Ley 20.293, que establece disposiciones específicas para la protección a los cetáceos, prohíbe explícitamente su caza comercial y aborda varios aspectos asociados con los impactos de las actividades humanas en estos animales. El artículo 2 contiene una lista de acciones prohibidas que afectan a los cetáceos, como darles muerte, cazar y capturar, entre otras. El artículo 3 se refiere a las zonas libres de caza, enlistando sus objetivos, todos relacionados con la protección de los cetáceos.

La ley se centra en medidas reactivas —como el rescate, rehabilitación y reinserción de cetáceos afectados por actividades humanas—, sin proponer suficientes medidas preventivas que reduzcan las interacciones e impactos. También pone énfasis en la conservación de los ecosistemas de los que dependen los cetáceos, enfocándose en el establecimiento de áreas marinas protegidas, pero no regula las actividades humanas que deterioran dichos hábitats. Además, la gran mayoría de estas áreas carece de planes de manejo y/o recursos para su gestión y fiscalización.

La fiscalización de la protección de cetáceos en Chile está a cargo del Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA). Lamentablemente, no hay suficiente información para construir un panorama claro sobre la situación actual en el país. El informe anual de fiscalización del SERNAPESCA de 2022² no presenta estadísticas sobre la interacción de actividades pesqueras o acuícolas con los mamíferos marinos. Solo incluye estadísticas sobre varamientos, sin detallar las causas de muerte ni las áreas geográficas específicas donde ocurren.

Tratados internacionales suscritos por Chile

Chile ha suscrito múltiples tratados internacionales que protegen a los cetáceos y sus hábitats. El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias (CMS o Convención de Bonn) se enfocan en sus hábitats y rutas migratorias. En concordancia, Chile ha creado áreas marinas protegidas; sin embargo, muchas de estas carecen de planes de manejo y de mecanismos de fiscalización. Por otro lado, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestre (CITES) y la Comisión Ballenera Internacional (CBI) prohíben la comercialización y la caza de cetáceos.

2 Informe disponible en: https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/ifpa_2022.pdf

Legislación que protege a los mamíferos marinos en Estados Unidos

Estados Unidos cuenta con uno de los marcos regulatorios más estrictos del mundo en materia de protección de cetáceos. Para importar productos a ese país, se deben cumplir sus normas de importación de recursos hidrobiológicos. El 31 de diciembre de 2025, vence el plazo para que Chile envíe a EE. UU. los antecedentes que demuestren que cumple con los estándares exigidos en materia de captura incidental.³ Dado el impacto de la salmonicultura en los cetáceos y la falta de información sobre el cumplimiento de estos estándares, Chile, como país exportador, podría verse afectado comercialmente.

Recomendaciones para personas tomadoras de decisiones

Medidas generales

Evitar superposición de zonas de hábitats críticos

Se recomienda tomar medidas concretas para evitar la superposición de centros de cultivo con zonas de hábitats críticos para la alimentación, reproducción, descanso y migración de los cetáceos.

Generación de conocimiento científico

Aunque hay evidencia sobre los impactos de la salmonicultura en los ecosistemas donde opera, faltan estudios que aborden específicamente cómo la actividad afecta a los cetáceos. La interacción entre la salmonicultura y los cetáceos en Chile requiere una atención científica más focalizada para entender plenamente sus repercusiones y así tomar medidas adecuadas que las eviten o mitiguen. Desarrollar una base de datos sólida y multidimensional sobre estos aspectos permitirá la formulación de estrategias de manejo y políticas regulatorias más efectivas para reducir los impactos negativos de la salmonicultura en los cetáceos.

Reducción de riesgos comprobados

Captura incidental

La captura incidental de cetáceos en mallas antidepredadores es un problema a abordar en Chile, aunque falta información para tener claridad sobre las tasas en las que ocurre (Kemper & Gibbs, 2001). Por tanto, es necesario desde ya adoptar medidas que disminuyan la probabilidad de enmalle y muerte de animales en la infraestructura de los centros de cultivo. Existen, en otros lugares del mundo, métodos modernos que podrían aplicarse en Chile.

Interacción con embarcaciones

Se deben adoptar medidas para mitigar las consecuencias negativas de la interacción con embarcaciones. Entre ellas están la planificación de rutas de navegación para evitar el paso por áreas de tránsito y hábitats críticos para las ballenas, la reducción de velocidad y la implementación de sistemas de alerta en tiempo real. Las rutas de las embarcaciones deberían someterse a evaluaciones de impacto ambiental, en cumplimiento de la ley.

3 Artículo disponible en: <https://www.subpesca.cl/portal/617/w3-article-120537.html>

Legislación y regulación

Fortalecimiento de la legislación

Se recomienda fortalecer la legislación chilena para hacerla más preventiva y efectiva en la protección de los cetáceos y sus hábitats. Aunque la ley prohíbe la caza y comercialización de cetáceos, se centra en medidas reactivas que no apuntan a prevenir los problemas.

Control de actividades humanas en áreas marinas protegidas

La legislación se enfoca en las áreas marinas protegidas, pero no regula adecuadamente actividades humanas como la salmonicultura, que las deterioran. Es necesario implementar una planificación espacial marina que regule estas actividades en áreas protegidas, con planes de manejo y recursos para su gestión y fiscalización.

Definición de “acoso”

Es importante definir claramente el concepto de “acoso” en la Ley de Protección de Cetáceos para elevar los estándares de protección ante actividades humanas.

Monitoreo por parte de observadores científicos

Se recomienda incluir observadores científicos imparciales en las actividades de acuicultura (lo que podría regularse en el RAMA) para monitorear las interacciones de mamíferos marinos en los centros de cultivo y con las embarcaciones, similar a lo exigido en la pesca.

INTRODUCCIÓN

La industria salmonera en Chile ha experimentado un rápido desarrollo en las últimas tres décadas, convirtiendo al país en el segundo mayor productor mundial de salmón después de Noruega. Según el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA), a finales de 2022, Chile cosechó más de 1 millón de toneladas de salmónidos (SERNAPESCA, 2022). Este rápido crecimiento ha generado una serie de impactos en los ecosistemas marinos, revelando importantes deficiencias sanitarias, sociales y ambientales (Quiñones et al., 2019; Buschmann et al., 2021). Entre los impactos ambientales destacan el escape masivo de especies exóticas, un fenómeno que ha afectado la biodiversidad local (Soto et al., 2023); la diseminación de parásitos y enfermedades que impactan a las especies nativas (Buschmann et al., 2021; Molinet y Niklitschek, 2021); y la anaerobia y anoxia, o falta de oxígeno en el agua, asociada a la industria, que también ha tenido efectos negativos en los ecosistemas marinos. Estos problemas resaltan la necesidad de abordar de manera integral los desafíos sanitarios, sociales y ambientales asociados al crecimiento de la salmonicultura en Chile.

Asimismo, las interacciones negativas entre la salmonicultura y los mamíferos marinos son una preocupación creciente (Quiñones et al., 2019; Hucke-Gaete et al., 2021). Estos animales se ven afectados por la pérdida y degradación de sus hábitats, por disparos con armas de fuego para disuadir su acercamiento (principalmente de lobos marinos), así como por el enmalle accidental en redes loberas, cabos de fondeo y otras redes (Quiñones et al., 2019; Espinosa-Miranda et al., 2020).

En el caso particular de los cetáceos, existe una creciente preocupación por los niveles de mortalidad accidental en las granjas de cultivo. Además, el alto tráfico de embarcaciones que circula por la Patagonia chilena, la mayoría de las cuales presta servicios a la salmonicultura, representa otro problema para los cetáceos (Bedriñana-Romano et al., 2021, 2023). Conocer las amenazas que enfrentan los cetáceos en dicha región es fundamental para promover estrategias para su conservación, ya sea mediante estudios dirigidos a dilucidar problemáticas específicas o buscando herramientas legales para protegerlos.

En este informe, se describe a los cetáceos presentes en la Patagonia chilena y se revisan los potenciales impactos de la salmonicultura en estos animales, haciendo hincapié en los vacíos de conocimiento al respecto. Asimismo, se analiza la legislación nacional e internacional para la protección de los cetáceos con el fin de entregar recomendaciones que contribuyan a su conservación en la Patagonia.



CAPÍTULO 1

Cetáceos en la Patagonia chilena

1.1 El ecosistema marino de la Patagonia

El ecosistema marino de la Patagonia chilena es uno de los sistemas de fiordos más extensos del mundo, abarcando desde el Seno de Reloncaví (41,5°S) hasta el Cabo de Hornos (55,9°S). Su compleja geografía incluye numerosas islas, penínsulas, canales, estrechos y fiordos, con una superficie de casi 240.000 km² (Silva & Vargas, 2014). Esta topografía limita o controla el intercambio de aguas entre las regiones costeras y el océano abierto. Se caracteriza por presentar complejas interacciones marino-terrestres-atmosféricas que resultan en una alta producción primaria, capaz de sustentar una amplia variedad de vida marina (Aracena et al., 2011).

La combinación de estos elementos da lugar a microambientes con condiciones oceanográficas únicas que sustentan ecosistemas singulares (Aracena et al., 2011). Estos ecosistemas albergan una gran diversidad de vida silvestre endémica y de vertebrados marinos (Häussermann & Försterra, 2009; Betti et al., 2017; Försterra et al., 2017), incluidos los cetáceos (Hucke-Gaete et al., 2004; Viddi et al., 2010; Outeiro et al., 2015).

1.2 El impacto de los cetáceos en los ecosistemas y en la dinámica del carbono

Los cetáceos —que incluyen a los mysticetos (ballenas con barbas o ballenas verdaderas) y a los odontocetos (delfines, cachalotes y marsopas, entre otros)— son mamíferos marinos que habitan distintos tipos de ambientes como aguas oceánicas o costeras, estuarios y ríos en todos los continentes del mundo. Estos mamíferos tienen un rol importante en la estructura, dinámica y función de los ecosistemas a través de varios mecanismos (Kiszka et al., 2022), entre ellos la depredación directa (Daskalov, 2002; Lassalle et al., 2012) y la afectación del ciclo de nutrientes (Roman et al., 2014; Doughty et al., 2016; Hammerschlag et al., 2019).

Se ha observado que los cambios en los tamaños poblacionales de pequeños cetáceos de nivel trófico superior, así como en su dieta, pueden generar variaciones en las poblaciones de sus presas e incluso afectar a especies sin un vínculo trófico directo (Lassalle et al., 2012). Por ejemplo, la disminución de las poblaciones de delfines provocada por la sobreexplotación en el Mar Negro, junto con la sobrepesca de peces comerciales, fue asociada con el crecimiento de las poblaciones de peces planctívoros no comerciales y con la disminución de las poblaciones de zooplancton (Daskalov, 2002).

Por otro lado, las grandes ballenas y los cachalotes —con su enorme tamaño y amplia distribución— también influyen en el ecosistema y en la dinámica del carbono (Roman et al., 2014; Doughty et al., 2016; Hammerschlag et al., 2019). Estas especies almacenan carbono directamente en su biomasa y contribuyen a su acumulación cuando mueren y sus cadáveres se hunden (Smith, 2006; Savoca et al., 2021). A su vez, las fecas de las ballenas y cachalotes pueden estimular el crecimiento de fitoplancton y la captura de CO₂ atmosférico (Roman & McCarthy, 2010). Aunque estas vías indirectas tienen un importante potencial para el secuestro de carbono, la cantidad potencialmente secuestrada no es suficiente para alterar significativamente el curso del cambio climático (Meynecke et al., 2023).

1.3 Los cetáceos como especies centinela

Además de su rol ecológico, los cetáceos se consideran especies centinela ya que actúan como indicadores de su entorno y pueden entregar alertas tempranas sobre posibles cambios en los ecosistemas (Bossart, 2011). Su condición de megafauna carismática capta rápidamente la atención de las personas, lo que facilita la observación y la detección de cambios o alteraciones en sus poblaciones, aumentando así su valor como centinelas (Bossart, 2011; Mazzoldi et al., 2019).

1.4 Las presiones antropogénicas

Los cetáceos enfrentan distintas presiones antropogénicas dependiendo de su ubicación. Algunas de ellas pueden ser letales, como la captura incidental en aparejos de pesca o acuicultura o las colisiones con embarcaciones (Brownell et al., 2009; Hucke-Gaete et al., 2021; Registros de varamientos del SERNAPESCA, 2009-2022). Hay también presiones subletales, como las asociadas a la pérdida o degradación de hábitats (Andrés et al., 2021; Hucke-Gaete et al., 2021) y a la contaminación acústica (Rolland et al., 2012).

1.5 Las especies de cetáceos en la Patagonia chilena

Los cetáceos se dividen en dos subórdenes: los misticetos y los odontocetos. Entre los misticetos están las ballenas barbadas, que se caracterizan por tener barbas en lugar de dientes. Las barbas son estructuras queratinosas que les permiten filtrar grandes cantidades de agua para capturar su alimento, principalmente zooplankton, incluyendo krill, y pequeños peces. Algunas de las especies de misticetos presentes en la Patagonia chilena son la ballena azul (*Balaenoptera musculus*), la ballena sei (*Balaenoptera borealis*) y la ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*).

Los odontocetos incluyen a los cetáceos con dientes, que utilizan para alimentarse de peces y calamares, entre los que se cuenta a una gran variedad de especies, como los cachalotes, delfines y marsopas. En la Patagonia chilena, se pueden encontrar especies como el cachalote (*Physeter macrocephalus*), el delfín austral (*Lagenorhynchus australis*) y la orca (*Orcinus orca*).

La diversidad de cetáceos en la Patagonia chilena es notable. De las 43 especies registradas en aguas chilenas, 26 se encuentran en esta región (Tabla 1). Esta riqueza biológica resalta la importancia de la Patagonia como hábitat crítico para la conservación de estas especies, muchas de las cuales están amenazadas por actividades humanas, incluida la salmonicultura.

1.5.1 Los misticetos: cetáceos barbados

1.5.1.1 La ballena azul (*Balaenoptera musculus*)

Una de las especies más emblemáticas que se puede encontrar en la Patagonia es la ballena azul (*Balaenoptera musculus*). Frecuentemente avistada en la región, fue una de las especies más cazadas durante la época ballenera a finales del siglo XX, lo que provocó una considerable disminución en su abundancia (Clapham et al., 1999). Como resultado, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha catalogado a la ballena azul como especie “en peligro” (Cooke, 2018).

En Chile, las aguas de las regiones de los Ríos, Los Lagos y Aysén son consideradas las áreas de mayor densidad de alimentación y cuidado parental de la ballena azul en el hemisferio sur, especialmente durante los meses de verano y otoño (Hucke-Gaete, 2004; Hucke-Gaete et al., 2018). Sin embargo, la ballena azul enfrenta diversos problemas en estas aguas. El tráfico de embarcaciones mayores (más de 18 m, como los navíos de transporte de pasajeros) y menores (menos de 18 m, como los botes con motor fuera de borda) representa una importante amenaza para sus poblaciones en la Patagonia norte, debido a las colisiones y al ruido submarino que genera (Bedriñana-Romano et al., 2021).

Bedriñana-Romano et al. (2021) indican que en la Patagonia norte hasta 729 embarcaciones activas, vinculadas a la acuicultura (83% del total nacional), operan diariamente y que hasta 78 embarcaciones al día cruzan las áreas analizadas en el estudio (parcelas de 8x8 km para fines analíticos). De estas embarcaciones, la flota acuícola (que presta servicios a la industria de la salmonicultura y miticultura) es la más importante y densamente distribuida en el área de alimentación de las ballenas azules.

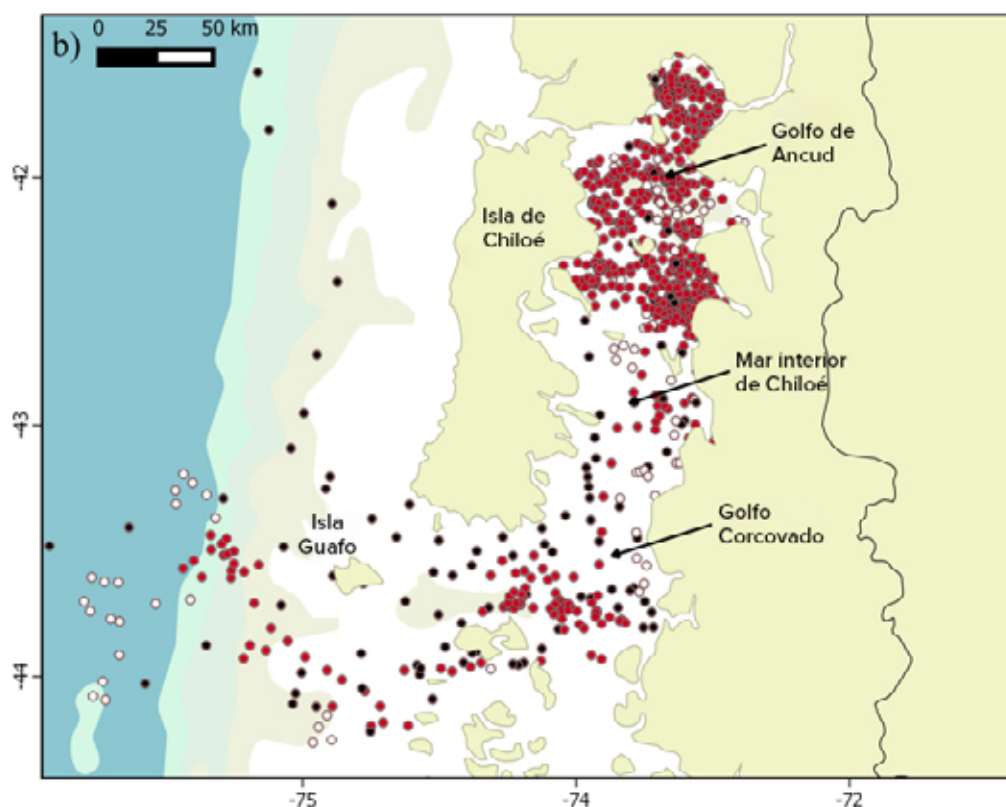


Figura 1. Ubicación de ballenas azules en la Patagonia norte, obtenida mediante *tags* satelitales. Los colores de los puntos indican distintos comportamientos. Los puntos negros muestran conducta de tránsito; los rojos, conducta de búsqueda en un área restringida (asociada a la alimentación) y los puntos blancos, conducta indeterminada. Figura obtenida de Hucke-Gaete et al. (2018).

1.5.1.2 La ballena sei (*Balaenoptera borealis*)

Otra especie que ha llamado la atención en los últimos años es la ballena sei. En 2015, cerca del Golfo de Penas, se registró un evento masivo de mortalidad de esta especie en el que se contabilizaron al menos 343 individuos afectados (Figura 2) (Häussermann et al., 2017). Según Häussermann et al. (2017), el evento fue sincrónico y ocurrió en un corto periodo de tiempo.

Se postula que al menos parte de las mortalidades estarían relacionadas con floraciones algales nocivas ocurridas bajo condiciones del fenómeno de El Niño. Aunque la ballena sei es considerada una especie oceánica, estos individuos probablemente murieron mientras se alimentaban cerca de la costa en grandes concentraciones, lo que proporciona evidencia de nuevas zonas de alimentación para la especie (Häussermann et al., 2017).

En 2019, nuevamente en el Golfo de Penas, se registraron 29 individuos de ballena sei varados (SERNAPESCA, 2019). La evidencia sugiere que algunas de estas mortalidades pudieron deberse a ataques de orcas (Olavarría et al., 2019; Pérez-Álvarez et al., 2021), tal como se ha registrado en el estero Bután, en la región de Aysén,^{4,5} y en Puerto Williams,^{6,7} en la región de Magallanes (Registros de varamientos del SERNAPESCA, 2009-2022). Estos ataques suelen terminar en varamientos porque los individuos se acercan a aguas de baja profundidad para escapar de las orcas o porque mueren por las heridas provocadas por estas.^{4,5,6} Por otro lado, en la parte sur de la Patagonia, en el estrecho de Magallanes, los avistamientos de ballena sei también son recurrentes, proponiendo así, otra área de alimentación (Acevedo et al., 2017).

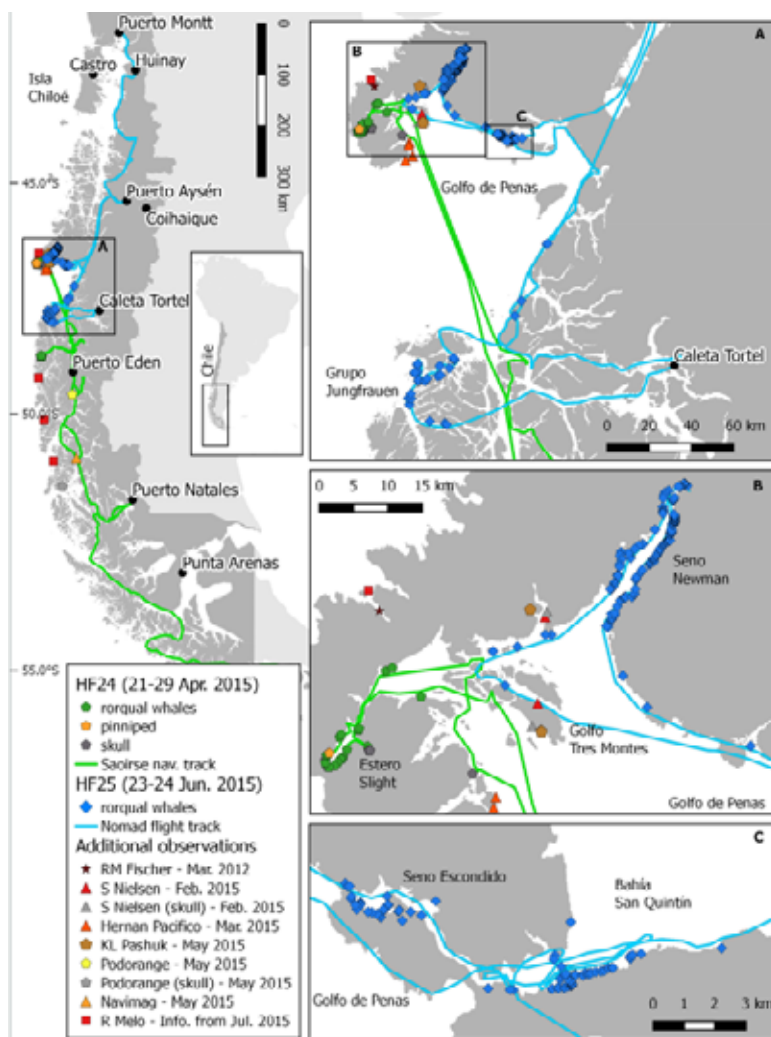


Figura 2. Ubicación de los varamientos de ballena sei en el Golfo de Penas durante el año 2015. Los diamantes verdes y azules indican la posición de los individuos registrados. Figura obtenida de Häussermann et al. (2017).

4 Noticia disponible en: <http://www.sernapesca.cl/noticias/inedito-registro-de-ataque-de-orcas-un-grupo-de-ballenas-sei-en-estero-butan>

5 Noticia disponible en: <https://www.elciudadano.com/chile/videos-captan-a-manada-de-orcas-atacando-a-ballena-hasta-matarla/03/06/>

6 Noticia disponible en: <http://www.sernapesca.cl/noticias/registrar-nuevo-ataque-de-manada-de-orcas-ballena-en-magallanes>

7 Noticia disponible en: <http://www.sernapesca.cl/noticias/sernapesca-informa-causas-probables-de-varamientos-de-ballenas-en-puerto-williams>

Además de las causas de mortalidad mencionadas anteriormente, la captura incidental con aparejos de pesca y de acuicultura también ha causado la muerte de estos cetáceos (Registros de varamientos del SERNAPESCA, 2009-2022).⁸ En abril de 2020, una hembra de ballena sei quedó enmallada en los aparejos de un centro de salmonicultura en la región de Aysén⁹ (Registros de varamientos del SERNAPESCA, 2009-2022). La ballena presentaba laceraciones en la piel y estrangulamiento del pedúnculo caudal (Registros de varamientos del SERNAPESCA, 2009-2022).

1.5.1.3 La ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*)

La ballena jorobada es una especie emblemática, reconocida por sus largas aletas pectorales que le permiten dar grandes saltos fuera del agua. Las que se observan a lo largo de la costa chilena pertenecen al Stock G, que migran desde sus áreas de reproducción ubicadas en Colombia, Costa Rica, Ecuador y Panamá (Acevedo et al., 2007; Rasmussen et al., 2007) hacia sus áreas de alimentación en Chile y la Antártica (Gibbons et al., 2003; Acevedo, 2005).

En la Patagonia chilena existen dos áreas de alimentación de esta especie. La primera se ubica en la Patagonia norte, específicamente en el área de Chiloé-Corcovado (Hucke-Gaete et al., 2013). En dicho espacio se han registrado grupos alimentándose, así como madres con crías, y se ha observado el retorno de los mismos individuos en diferentes años (Hucke-Gaete et al., 2013). La segunda área de alimentación se ubica en el sector del Área Marina Costera Protegida Francisco Coloane, en el Estrecho de Magallanes (Gibbons et al., 2003; Acevedo, 2005). Al igual que en la Patagonia norte, en este lugar los mismos individuos vuelven año tras año a alimentarse, lo que demuestra una alta fidelidad de sitio (Acevedo et al., 2014). Sin embargo, el intenso tránsito de embarcaciones mayores que atraviesan el Estrecho de Magallanes supone una importante amenaza porque aumenta el riesgo de colisiones (Guzmán et al., 2020). Efectivamente, en la zona se han registrado individuos muertos con evidencias de haber sido impactados por embarcaciones (Guzmán et al., 2020).

Además de las colisiones, el enmalle en redes de pesca también representa un riesgo significativo para las ballenas jorobadas. En diciembre de 2017, se registró el enmalle de una ballena jorobada en la red lobera de un centro de salmonicultura en la región de Aysén (Registros de varamientos del SERNAPESCA, 2009-2022). Este incidente ocurrió durante la instalación de la malla, lo que permitió realizar las maniobras necesarias para liberar exitosamente al ejemplar (Registros de varamientos del SERNAPESCA, 2009-2022).

En el Anexo se describen las especies de misticetos más comúnmente avistadas en la Patagonia chilena.

1.5.2 Los odontocetos: cetáceos dentados

1.5.2.1 El delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*)

Entre los odontocetos, el delfín chileno es una de las especies emblemáticas de la Patagonia chilena. Se trata del único cetáceo endémico del país, así como uno de los más pequeños y desconocidos a nivel mundial (Goodall et al., 1988). Se conoce muy poco sobre su dinámica poblacional, aunque se postula que presenta dos unidades poblacionales (norte y sur) a lo largo de su distribución (Pérez-Álvarez et al., 2015), ubicándose en forma de parches en pequeñas

⁸ Noticia disponible en: <http://www.sernapesca.cl/noticias/varamiento-de-ballena-en-aysen-moviliza-sernapesca-tomar-acciones-legales-ante-el>

⁹ Noticia disponible en: <https://laderasur.com/articulo/revelan-impactante-video-de-la-muerte-de-una-ballena-sei-que-enmalla-en-una-jaula-salmonera-en-2020/>

subpoblaciones locales con una alta fidelidad de sitio (Heinrich, 2006). En la Patagonia, el delfín chileno habita en canales, bahías protegidas, fiordos e incluso en áreas cercanas a los glaciares (Goodall et al., 1988; Heinrich, 2006; Ribeiro et al., 2007). Estudios recientes indican que prefiere aguas poco profundas (menos de 30 m) y dentro de los 500 m desde la línea de costa (Viddi et al., 2015; Heinrich et al., 2019). La Figura 3 muestra algunos avistamientos del delfín chileno en la Patagonia chilena (Pérez-Álvarez et al., 2020).

Debido a su preferencia por zonas cercanas a la costa, el delfín chileno se ve afectado por diversas actividades antrópicas, ya sea por su proximidad a zonas pobladas o por interacciones con actividades de pesca y acuicultura (Oporto & Brieva, 1994; Reyes & Oporto, 1994; Espinosa-Miranda et al., 2020). Una de las principales amenazas para esta especie es la captura incidental en redes con resultado de muerte, tanto en redes de pesca (Oporto & Brieva, 1994; Reyes & Oporto, 1994; Pérez et al., 2007; Bravo et al., 2010; Pérez-Álvarez et al., 2020) como en las redes de los centros de cultivo de salmones (Viddi, 2008; Espinosa-Miranda et al., 2020; Registros de varamientos del SERNAPESCA, 2009-2022). Asimismo, las actividades intensivas de acuicultura (p. ej. la salmonicultura o mitilicultura) provocan la pérdida y degradación de su hábitat (Heinrich, 2006; Viddi et al., 2015; Heinrich et al., 2019), restringiendo el libre movimiento de los individuos (Heinrich et al., 2019). También se ha evidenciado que el tráfico de embarcaciones, principalmente vinculado a la acuicultura, afecta el comportamiento de los delfines chilenos (Ribeiro et al., 2007). La frecuencia de las amenazas relacionadas con la interacción antrópica y la reducida distribución de la especie llevaron a reclasificar al delfín chileno de “Datos Deficientes” a especie “Casi Amenazada” en 2008 (Heinrich y Reeves, 2017).

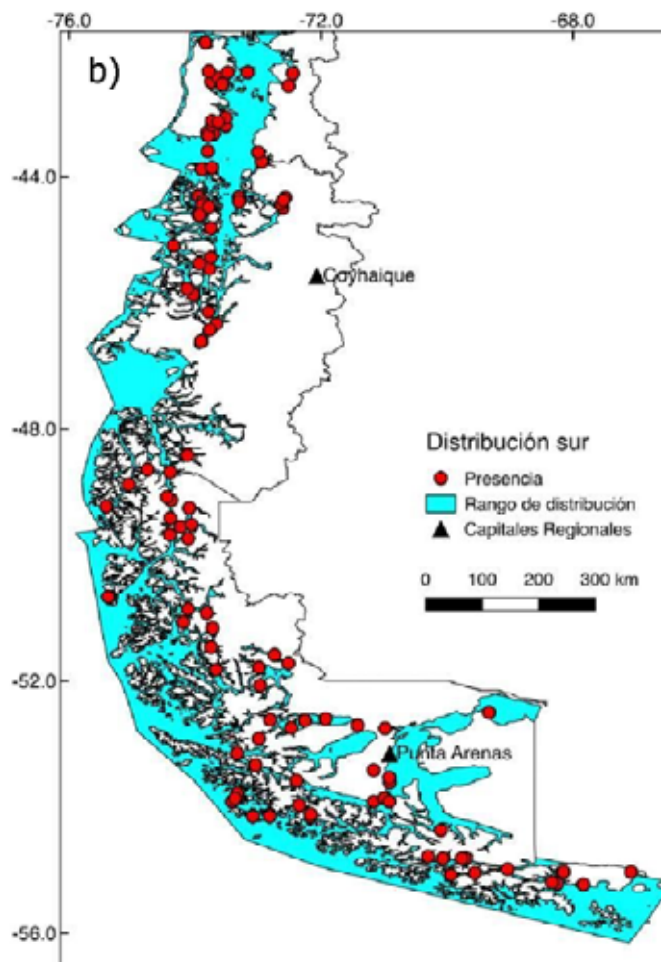


Figura 3. Mapa de distribución y registros de la presencia del delfín chileno. Distribución estimada del delfín chileno (área celeste) y registros de su presencia en la Patagonia chilena (círculos rojos). Los triángulos negros indican las capitales regionales. Figura extraída de Pérez-Álvarez et al. (2020).

1.5.2.2 El delfín austral (*Lagenorhynchus australis*)

El delfín austral, otra especie emblemática de la Patagonia chilena, ocupa hábitats similares a los del delfín chileno, pero también se encuentra en aguas más profundas y en desembocaduras de ríos poco turbios. Este delfín está significativamente asociado a los bancos de macroalgas (bosques de huiro o *Macrocystis pyrifera*) (Lescrauwaet, 1997; Viddi & Lescrauwaet, 2005; Viddi et al., 2011), donde busca alimento, se refugia y socializa (Viddi et al., 2011). Si bien el delfín austral enfrenta amenazas similares a las del delfín chileno, su distribución más amplia y mayor abundancia (Heinrich, S. & Dellabianca, 2019) han permitido clasificarlo en la categoría de “Preocupación Menor”, según la UICN (Heinrich & Dellabianca, 2019).

1.5.2.3 El zifio de Layard (*Mesoplodon layardii*)

El zifio de Layard pertenece a la familia *Ziphiidae*, una de las más diversas entre los cetáceos, con 24 especies en total. En la Patagonia se han registrado varamientos de 7 de las 24 especies. Es poco lo que se conoce sobre la biología y distribución de estas especies (MacLeod et al., 2006). La mayoría de los estudios acerca de los zifios proviene de individuos varados (Rosario-Delestre et al., 1999; Dalebout et al., 2002).

Uno de estos casos ocurrió el 20 de marzo de 2019, cuando dos zifios de Layard se acercaron a la costa. Uno pudo ser devuelto a aguas más profundas y el otro, de sexo masculino, murió varado (Español Jiménez et al., 2020). A pesar de haberse realizado una necropsia detallada, no se pudo establecer la causa de muerte (Español Jiménez et al., 2020).



Figura 4. (A) Mapa de ubicación de Caleta Tortel y fotos del zifio de Layard macho varado en Caleta Tortel, (B) animal vivo y (C) patrones de color observados en su lado ventral. Figura extraída de Español Jiménez et al. (2020).

Tabla 1. Listado de misticetos y odontocetos que se encuentran en la Patagonia chilena. *Las especies de cetáceos descritas en el Anexo son las que se pueden observar con mayor frecuencia en la Patagonia chilena. Para la categorización de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y el Reglamento de Clasificación de Especies (RCE) del Ministerio del Medio Ambiente se utilizaron las siguientes siglas: CR = En peligro crítico, EN = En peligro, VU = Vulnerable, NT = Casi amenazada, LC = Preocupación menor y DD = Datos insuficientes.

	Familia	Nombre común	Nombre científico	IUCN	RCE
Misticetos	<i>Balaenopteridae</i>	Ballena azul*	<i>Balaenoptera musculus</i>	EN	EN
		Ballena fin	<i>Balaenoptera physalus</i>	VU	CR
		Ballena minke antártica	<i>Balaenoptera bonaerensis</i>	NT	LC
		Ballena sei*	<i>Balaenoptera borealis</i>	EN	CR
		Ballena jorobada*	<i>Megaptera novaeangliae</i>	LC	VU
	<i>Balaenidae</i>	Ballena franca austral*	<i>Eubalaena australis</i>	CR	EN
Odontocetos	<i>Neobalaenidae</i>	Ballena franca pigmea	<i>Caperea marginata</i>	LC	DD
	<i>Delphinidae</i>	Delfín chileno*	<i>Cephalorhynchus eutropia</i>	NT	NT (XI-XII)
		Tonina overa	<i>Cephalorhynchus commersonii</i>	LC	EN
		Delfín liso del sur	<i>Lissodelphis peronii</i>	LC	DD
		Delfín austral*	<i>Lagenorhynchus australis</i>	LC	LC
		Delfín oscuro	<i>Lagenorhynchus obscurus</i>	LC	LC
		Tursiones*	<i>Tursiops truncatus</i>	LC	LC
		Orca*	<i>Orcinus orca</i>	DD	DD
		Calderón gris	<i>Grampus griseus</i>	LC	LC
		Calderón de aleta larga	<i>Globicephala melas</i>	LC	DD
		Falsa orca	<i>Pseudorca crassidens</i>	NT	DD
	<i>Physeteridae</i>	Cachalote*	<i>Physeter macrocephalus</i>	VU	VU
	<i>Phocoenidae</i>	Marsopa espinosa*	<i>Phocoena spinipinnis</i>	NT	DD
	<i>Ziphiidae</i>	Zifio de Cuvier	<i>Ziphius cavirostris</i>	LC	LC
		Zifio de Layard*	<i>Mesoplodon layardii</i>	LC	DD
		Zifio de Gray	<i>Mesoplodon grayi</i>	LC	DD
		Zifio de Héctor	<i>Mesoplodon hectori</i>	DD	DD
		Zifio de Arnoux	<i>Berardius arnuxii</i>	LC	DD
		Zifio calderón austral	<i>Hyperoodon planifrons</i>	LC	LC
		Zifio de Shepherd	<i>Tasmacetus shepherdi</i>	DD	DD



CAPÍTULO 2

Impactos de la salmonicultura en los cetáceos

2.1 Antecedentes: solapamiento espacial entre el hábitat de los cetáceos y la presencia de las salmoneras en el sur de Chile

El crecimiento en la producción de salmón chileno ha puesto en evidencia las deficiencias sanitarias de la industria y los múltiples problemas ambientales que genera. Los problemas más comunes están relacionados con prácticas acuícolas insostenibles y posibles impactos negativos en los ecosistemas (Tacon et al., 2009; Klinger & Naylor, 2012), como la pérdida y degradación de hábitats (Stickney & McVey, 2002), la contaminación (Tett, 2008), la transmisión de enfermedades a especies nativas (Naylor et al., 2000; Tacon & Metian, 2008) y la eutrofización de ambientes costeros (Buschmann et al., 2006), entre otros.

En sus orígenes, la salmonicultura creció alrededor de Puerto Montt y la Isla de Chiloé, en la región de Los Lagos (Iizuka & Zanlungo, 2016). El sector se expandió sin control, aumentando el uso intensivo del espacio. Este tipo de desarrollo —junto con la falta de mecanismos de coordinación entre empresas privadas, un sistema regulatorio laxo y la dificultad de fiscalizar a una industria que opera en zonas muy remotas— contribuyeron al colapso de la industria en 2007 con la crisis sanitaria del virus Anemia Infecciosa del Salmón (Infectious Salmon Anaemia o ISA, por sus siglas en inglés) (Asche et al., 2009; Hosono et al., 2016).

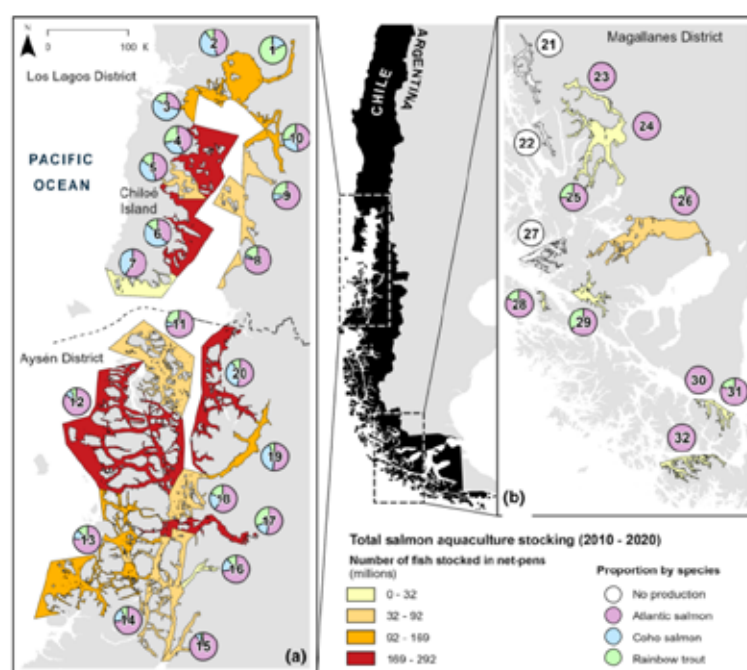


Figura 5. Número acumulado (en millones, escala amarilla a roja) de salmónidos cultivados, indicando la proporción por especie entre 2010 y 2020 en centros de cultivo dentro de 32 cuerpos de agua relevantes del sur de Chile (color blanco: sin producción; color rosado: salmón atlántico; color celeste: salmón coho y color verde: trucha arcoiris). Distribución por región. Los Lagos: (1) Estuario Reloncaví, (2) Seno Reloncaví, (3) Achao, (4) Quemchi-Mechuque-Dalcahue, (5) Quinchao, (6) Queilen a Quellón, (7) Sur de Quellón, (8) Sur de Chaitén, (9) Reñihue y (10) Llancahue-Comau. Región de Aysén: (11) Norte de Las Guaitecas, (12) Sur de Las Guaitecas, (13) W I. Melchor-I. Luz, (14) E Walker-C Costa, (15) Cupquellan, (16) Quitralko, (17) F. Aysén, (18) Pto. Aguirre, (19) Puyuhuapi y (20) I. Magdalena-Melimoyu. Región de Magallanes: (21) I. Owen, (22) Taraba, (23) Norte de Pto. Natales, (24) Sur de Pto. Natales, (25) Bahía Tranquila, (26) Seno Skyring, (27) Campo Nevado, (28) Córdova, (29) Xaultegua, (30) Petite, (31) I. Harrison y (32) I. Prowse. Figura extraída de Soto et al. (2022).

Posteriormente, los principales cultivos de salmón se desplazaron de la región de Los Lagos al sur del país, especialmente hacia la región de Aysén (Figura 5 y 6). Actualmente, el 35,3% de la producción total de salmón está en la región de Los Lagos, el 49,3% en la región de Aysén y el 15,1% en la región de Magallanes (Bravo et al., 2023). El récord de producción se registró el año 2020 con un total de 1.043.144 toneladas de salmones cosechados (Bravo et al., 2023). La Figura 5 muestra la distribución del número acumulado (millones) de salmónidos cultivados entre 2010 y 2020, en 32 cuerpos de agua relevantes de la Patagonia chilena (Los Lagos, Aysén y Magallanes) (Soto et al., 2022). La Figura 6 detalla la ubicación de las concesiones para salmonicultura en las regiones de Los Lagos, Aysén y Magallanes.

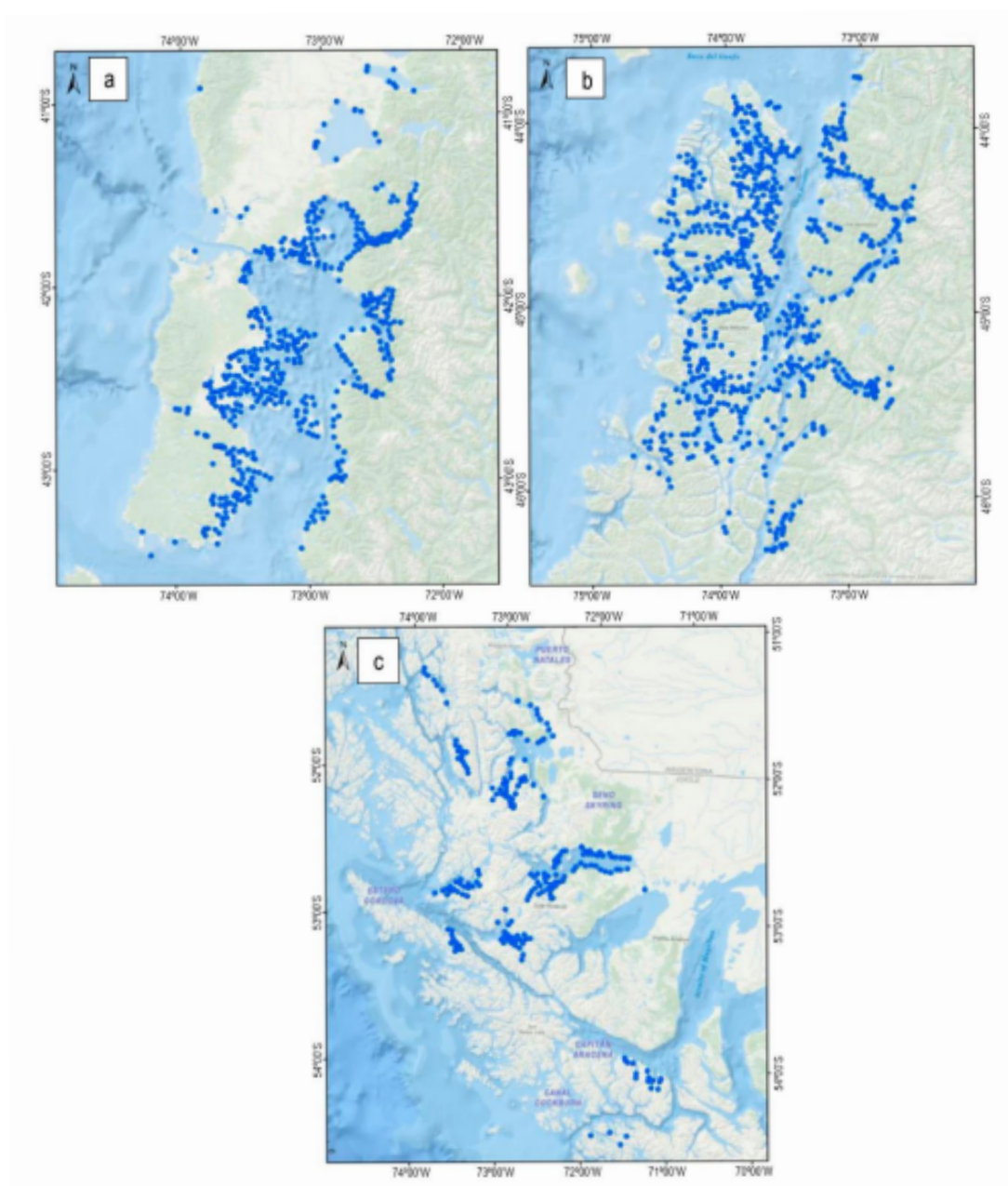


Figura 6. Mapa con la ubicación de las concesiones para la salmonicultura en el sur de Chile: a) región de Los Lagos, b) región de Aysén, y c) región de Magallanes. Figura extraída de Bravo et al. (2023).

Tal como se evidenció en el Capítulo 1, la Patagonia chilena es hábitat de diversas especies emblemáticas de cetáceos que enfrentan problemas de conservación, como la ballena azul y el delfín chileno. Estas especies se ven amenazadas por la superposición con la industria salmonera. La captura incidental en las redes antidepredadores de las balsas jaulas causa la mortalidad directa de cetáceos (Espinosa-Miranda et al., 2020). Sin embargo, esta amenaza no ha sido cuantificada sistemáticamente y solo se cuenta con registros ocasionales de algunos investigadores o denuncias realizadas al SERNAPESCA (para más detalles, ver la sección 2.2.1 Impactos documentados en la literatura científica y técnica: captura incidental).

Por otro lado, las operaciones de las salmoneras implican el tráfico de embarcaciones, que pueden colisionar con los cetáceos. Estas colisiones son una fuente importante de mortalidad antropogénica y de lesiones graves (Schoeman et al., 2020).

La Figura 7 muestra la densidad de embarcaciones de acuicultura que transitan diariamente en la Patagonia norte (para más detalles, ver la sección 2.2.2 Impactos documentados en la literatura científica y técnica: colisión con embarcaciones). Adicionalmente, los motores de estas embarcaciones generan ruido submarino que afecta de diversas maneras, tanto a misticetos como a odontocetos (para más detalles, ver la sección 2.2.3 Impactos documentados en la literatura científica y técnica: contaminación acústica).

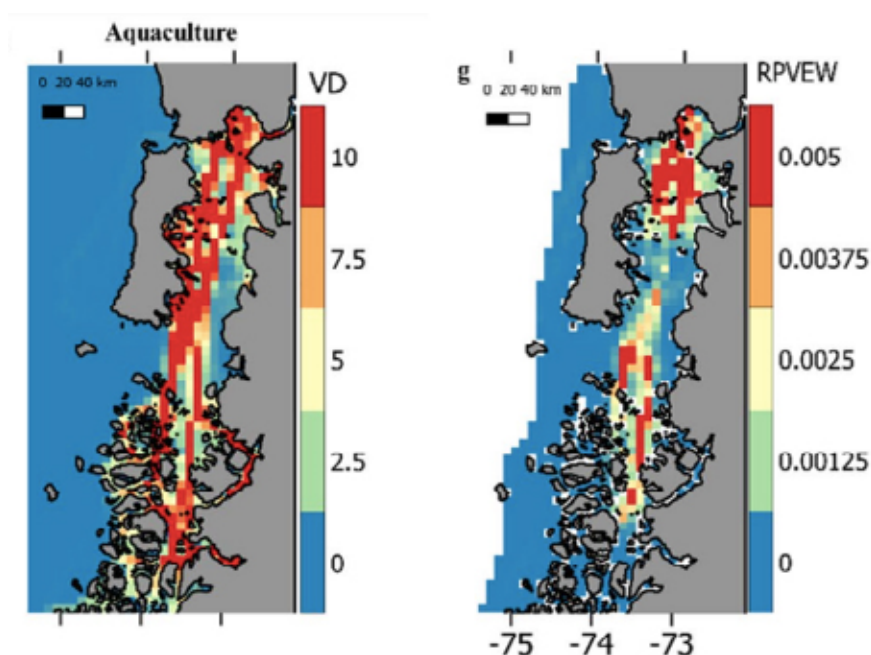


Figura 7. Panel izquierdo: muestra la Densidad de Embarcaciones (Vessel Density o VD, por sus siglas en inglés) de acuicultura y el número promedio de embarcaciones que visitan cada celda de 8×8 km por día. Panel derecho: muestra la probabilidad relativa de que un barco asociado a la acuicultura se encuentre con una ballena azul (Relative Probability of Vessel Encounter with Whale o RPVEW, por sus siglas en inglés). Figura extraída de Bedriñana-Romano et al. (2021).

La industria de la salmonicultura chilena ha enfrentado críticas sustanciales por su manejo inadecuado de los brotes de enfermedades, el uso indebido de antibióticos y las liberaciones accidentales (e intencionales) regulares de millones de salmones de cultivo en las aguas costeras de Chiloé. Todo esto amenaza la salud y el funcionamiento del ecosistema marino costero (Asche et al., 2009; Buschmann et al., 2012; Niklitschek et al., 2013; Sepúlveda et al., 2013). Hasta ahora, el efecto de estas prácticas en cetáceos no se ha estudiado.

2.2. Impactos documentados en la literatura científica y técnica



2.2.1 Captura incidental

Este es el impacto más frecuentemente registrado en cetáceos menores por actividades relacionadas con el cultivo de peces. Ocurre principalmente de manera accidental en las redes antidepredadores de las balsas jaulas, mientras los delfines se alimentan de peces nativos (Kemper & Gibbs, 2001). El tamaño de la malla y el grado de cierre de la red antidepredador son factores importantes a considerar para evitar este problema (Würsig & Gailey, 2002), como se ha demostrado en enmalles ocurridos en otras partes del mundo, por ejemplo, en Australia (Würsig & Gailey, 2002) e Italia (Díaz & Bernal, 2007). Las especies de grandes cetáceos tampoco están exentas del riesgo de enmalle en centros de cultivo, tal como se ha reportado en Chile y en otras partes del mundo (Thomas, 2016; Bailey, 2018; Espinosa-Miranda et al., 2020).

En el caso de los pequeños cetáceos en Chile, Espinosa-Miranda et al. (2020) documentaron el enmalle y muerte de ocho ejemplares en centros de cultivo de salmónidos durante el período 2007-2017. Seis de estos animales fueron delfines chilenos (*Cephalorhynchus eutropia*), mientras que los otros dos fueron grandes cetáceos (ver a continuación). La necropsia de dos de estos delfines verificó que la causa de muerte fue ahogamiento tras enredarse en las redes loberas de los centros de cultivo. Por otro lado, el registro de varamientos del SERNAPESCA destaca la muerte de dos ejemplares de delfín chileno en centros de cultivo de salmónidos, uno en la región de Los Lagos y el otro en la de Aysén. Asimismo, señala la probable mortalidad de un ejemplar de marsopa espinosa en la región de Aysén.

Respecto a los grandes cetáceos, el estudio de Espinosa-Miranda et al. (2020) reportó el enmalle de dos ejemplares de ballena jorobada en centros de cultivo de salmónidos: un ejemplar adulto que fue liberado vivo y una cría que fue encontrada enmallada y muerta. Asimismo, en el año 2020, según el registro de varamientos del SERNAPESCA y reportes en redes sociales, se produjo el enmalle y muerte de un ejemplar de ballena sei en un centro de cultivo de salmónidos ubicado en la Reserva Nacional Las Guaitecas, en Aysén.



2.2.2 Colisión con embarcaciones

Las colisiones entre embarcaciones y diferentes especies marinas se han convertido en una importante amenaza para el bienestar de la fauna marina, dado el aumento de tráfico marítimo por el incremento de actividades comerciales y recreativas (Sèbe et al., 2019).

La amenaza de colisión se define como cualquier impacto físico entre un animal vivo y cualquier parte de una embarcación (comúnmente la proa o hélice), ya sea con consecuencias mortales o no (Peel et al., 2018). En general, se distinguen dos tipos de consecuencias de esta amenaza:

- **Directas:** lesiones o muerte del animal o de la tripulación de la embarcación y/o daños a la embarcación.

- **Indirectas:** efectos fisiológicos o conductuales a largo plazo que pueden disminuir las capacidades del animal y, dependiendo de la frecuencia de las colisiones, pueden tener repercusiones a nivel poblacional (Figura 8, Moore et al., 2013; Cannell et al., 2016).



Figura 8. Ejemplos de consecuencias de la colisión de embarcaciones con cetáceos. Izquierda superior: cicatrices de hélice en una ballena jorobada y en un delfín. Derecha: colisión con consecuencia de muerte en una ballena. Imagen de referencia de la ballena jorobada (Phillip Colla) extraída de Oceanlife.com y del delfín, de Sarasota dolphin research program (<https://sarasotadolphin.org/>).

A nivel global, las colisiones afectan al menos a 75 especies marinas (revisión de diferentes taxa en Schoeman et al., 2020), dentro de las que se encuentran los cetáceos, para los cuales se trata de una de las mayores amenazas y causas de mortalidad antropogénica a nivel mundial. Esto se debe a la coexistencia de embarcaciones y cetáceos en “áreas de alto riesgo”. En ellas el tráfico de transporte marítimo es intenso (es decir, son rutas marítimas o áreas portuarias) y existe presencia frecuente de cetáceos, probablemente relacionada con hábitats críticos para las especies, ya sean áreas de alimentación y/o reproducción (Cates et al., 2017). Dada la magnitud del impacto de las colisiones de embarcaciones con cetáceos, desde el año 2005, el Comité de Conservación de la Comisión Ballenera Internacional (International Whaling Commission Conservation Committee o IWC-CC, por sus siglas en inglés) ha priorizado el levantamiento de información sobre esta amenaza, enfocándose tanto en la identificación de áreas y poblaciones de riesgo como en el desarrollo e implementación de medidas de mitigación efectivas.

En cuanto a los tipos de embarcaciones involucradas en las colisiones, se han reportado barcos con y sin motor. Entre los segundos, se encuentran aquellos menores a 15 metros de longitud, como canoas y kayaks, y los de más de 15 metros, como veleros, cuya alta velocidad y ausencia de ruido contribuyen a las colisiones. Las embarcaciones motorizadas incluyen:

- Embarcaciones de menos de 15 metros: embarcaciones pesqueras, fiscalizadoras, de investigación, turismo, etc. Aquí las características de desplazamiento costero, la intención de acercarse a los animales, la alta velocidad y los movimientos erráticos son factores de riesgo.
- Embarcaciones medianas: barcos utilizados en actividades de guardia costera, ferries de pasajeros y turismo de observación, así como otros que impliquen riesgos similares.
- Embarcaciones de mayor envergadura (30 a 80 metros): conllevan un mayor impacto en caso de colisión debido a su peso, alta velocidad y baja maniobrabilidad.
- Embarcaciones de grandes dimensiones (más de 80 metros): cruceros, buques de la armada entre otros, que también causan un impacto significativo (Schoeman et al., 2020).

Los encuentros con resultado de muerte se han registrados en colisiones con embarcaciones de gran envergadura (> 100 m de longitud) a una velocidad de navegación de 10 nudos (Vanderlaan et al., 2009). Por otro lado, heridas no letales, cortes y amputaciones han ocurrido en encuentros con embarcaciones menores (< de 50m) navegando a gran velocidad (< 14 nudos) (Van Waerebeek et al., 2007; Silber et al., 2010). La magnitud del impacto de la colisión en los cetáceos es difícil de estimar y está condicionada a la densidad del tráfico marítimo, la densidad de los animales presentes en la zona, las características de la embarcación y las características físicas y conductuales de las especies involucradas.

Las especies más susceptibles a esta amenaza incluyen a la ballena fin, (*Balaenoptera physalus*), la ballena jorobada, (*Megaptera novaeangliae*) y la ballena franca (*Eubalaena glacialis*). Para la ballena fin, se han reportado lesiones atribuibles a colisiones con grandes embarcaciones, particularmente debido al contacto directo con hélices (Toro et al., 2020).

En particular, las respuestas conductuales lentas de la ballena azul podrían limitar su capacidad de escape frente a la amenaza de las embarcaciones, lo que agrava las consecuencias para esta especie a nivel poblacional (McKenna et al., 2015). Un estudio reciente de Bedriñana-Romano et al. (2021) propone áreas prioritarias de conservación y analiza la superposición del tráfico marítimo con la presencia de la ballena azul en la Patagonia norte. El estudio reporta que el área ubicada en los canales interiores de la zona de estudio concentra la probabilidad más alta de interacción entre ballenas y embarcaciones. Los autores mencionan que, al concentrar el 83% de las embarcaciones totales activas por día, es posible que la flota de acuicultura represente el mayor riesgo de colisión ballena-embarcación (Bedriñana-Romano et al., 2021).

Un registro visual realizado por los autores muestra cómo el alto tráfico marítimo en el área interfiere con el desplazamiento y las actividades de alimentación de un ejemplar de ballena azul en la zona interior. Las conclusiones de este estudio llaman a la urgente implementación de medidas de mitigación.

En la Patagonia norte se encuentra la flota de acuicultura más grande y densamente distribuida del país, producto de las necesidades de transporte de profesionales, funcionarios y del alimento para los salmones y del equipamiento e insumos en general (Viddi et al., 2023). La prensa local ha reportado al menos tres eventos de mortalidad de ballenas en la zona (dos ballenas azules y una ballena sei) relacionados con colisiones con embarcaciones.

Aunque los incidentes de pequeños cetáceos afectados por colisiones con embarcaciones son menos frecuentes, no son inexistentes. Esto podría deberse a un menor riesgo de colisión o a que pasen desapercibidos por los observadores de las embarcaciones, siendo, por lo tanto, subregistrados. Aun así, una revisión global dio cuenta de al menos 20 especies de odontocetos afectadas por colisiones con embarcaciones (Schoeman et al., 2020).

Otro estudio muy reciente de Bedriñana-Romano et al. (2023), enfocado en la evaluación del riesgo de encuentro entre la única especie de cetáceo endémica de Chile, el delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*), y embarcaciones de la industria acuícola en la Patagonia norte, muestra la preferencia de la especie por ambientes poco profundos, bahías protegidas y canales internos cerca de desembocaduras de ríos. El área identificada con la probabilidad más alta de interacción entre delfines y embarcaciones corresponde a la costa oriental de la Isla de Chiloé, que también es la zona con mayor número de concesiones de acuicultura otorgadas. Esto es relevante debido a la restricción del hábitat de esta especie en la zona, lo que realza la importancia y urgencia de diseñar planes de manejo enfocados en la realidad actual.

La presencia de la amenaza de colisión entre embarcaciones y grandes cetáceos en el norte de Chile (García-Cegarra et al., 2019) motivó un acuerdo entre la Gobernación Marítima de Antofagasta, la Ilustre Municipalidad de Mejillones y el Centro de Investigación de Fauna Marina y Avistamiento de Cetáceos (CIFAMAC). El acuerdo, que se alcanzó mediante la firma del Código Voluntario de Navegación de Embarcaciones Mayores, tiene por objeto evitar la colisión de ballenas en la Península y Bahía de Mejillones, estableciendo una nueva ruta marítima y una reducción de la velocidad de navegación de las embarcaciones, de 14 a 8 nudos. Aún con su naturaleza local, se trata de un acuerdo pionero y constituye un gran avance en el reconocimiento de la magnitud de esta amenaza y en establecer medidas de mitigación asociadas.

Por otro lado, recientemente, se constituyó una mesa de trabajo en la región de Los Lagos, donde los distintos actores involucrados manifestaron la necesidad y voluntad de disminuir el tráfico y ruido de las embarcaciones con el objetivo final de proteger a las ballenas.¹⁰

¹⁰ Noticia disponible en: <https://www.diariosostenible.cl/noticia/actualidad/2023/11/firman-acuerdo-para-implementar-medidas-de-proteccion-para-grandes-cetaceos-en-region-de-los-lagos>



2.2.3 Contaminación acústica

La contaminación acústica submarina se define como el exceso de ruido provocado por el ser humano, que altera las condiciones normales del medioambiente y produce efectos negativos en la fauna y los ecosistemas marinos. El tráfico marítimo es la principal fuente de ruido submarino crónico en el océano. Entre 2014 y 2020, el ruido del tráfico marítimo se duplicó a nivel global (Jalkanen et al., 2022).

La creciente contaminación acústica afecta gravemente a los cetáceos, que dependen del sonido en todas las etapas de su vida (p. ej. Tyack & Clark, 2000). El océano, por la densidad de sus aguas, es un excelente medio para la transmisión de ondas acústicas y estos animales han evolucionado para aprovechar las propiedades naturales del agua de mar como conductor de sonido. Los odontocetos (delfines, orcas, cachalotes y zifios) producen sonidos de alta frecuencia para la ecolocalización, lo que les permite sondear su entorno y buscar e inmovilizar a sus presas. Además, producen una gran variedad de sonidos complejos, como silbidos, para comunicarse e interactuar socialmente (Rendell & Whitehead, 2001). Las ballenas con barbas (o misticetos) no tienen la capacidad fisiológica para la ecolocalización, pero sus sonidos de baja frecuencia y alta intensidad sirven para la comunicación social.

Según el National Marine Fisheries Service (NMFS, 2016), existen cinco grupos de audición funcionales en mamíferos marinos:

- **Cetáceos de baja frecuencia:** banda de audición de 7 Hz a 35 kHz. Incluyen a la Balaena, Caperea, Eschrichtius, Megaptera y Balaenoptera (13 especies/subespecies).
- **Cetáceos de media frecuencia:** banda de audición de 150 Hz a 160 kHz. Incluyen a la Steno, Sousa, Sotalia, Tursiops, Stenella, Delphinus, Lagenodelphis, Lagenorhynchus, Lissodelphis, Grampus, Peponocephala, Feresa, Pseudorca, Orcinus, Globicephala, Orcaella, Physeter, Delphinapterus, Monodon, Ziphius, Berardius, Tasmacetus, Hyperoodon y Mesoplodon (57 especies/subespecies).
- **Cetáceos de alta frecuencia:** banda de audición de 275 Hz a 160 kHz. Incluyen a la Phocoena, Neophocaena, Phocoenoides, Platanista, Inia, Kogia, Lipotes, Pontoporia y Cephalorhynchus (20 especies/subespecies).
- **Pinnípedos fócidos y morsa (en agua):** banda de audición de 50 Hz a 86 kHz. Incluyen a la Erignathus, Phoca, Pusa, Halichoerus, Histriophoca, Pagophilus, Cystophora, Monachus, Mirounga, Leptonychotes, Ommatophoca, Lobodon, Hydrurga y Odobenus (19 especies/subespecies).
- **Pinnípedos otáridos (en agua):** banda de audición de 60 Hz a 39 kHz. Incluyen a la Arctocephalus, Callorhinus, Zalophus, Eumetopias, Neophoca, Phocarcots y Otaria (14 especies/subespecies).

Hay extensa evidencia documentada acerca de los impactos del ruido del tráfico marítimo en los cetáceos, incluidos:

- **Impactos fisiológicos:** incremento en los niveles de cortisol en ballenas (Rolland et al. 2012).
- **Impactos conductuales:** cambios o interrupciones en las conductas de alimentación y descanso, así como en el desplazamiento fuera del área en ballenas y delfines (Finley et al., 1993; Lesage et al., 1993; Gordon et al., 1992; Bauer et al., 1993; Green, 1991; Gordon y Moscrop, 1996; Richardson et al., 1985; Heimlich-Boran et al., 1994).
- **Enmascaramiento de comunicaciones:** el ruido antropogénico ambiental “tapa” las vocalizaciones de las ballenas (Hatch et al., 2008, 2012; Clark et al., 2009).

Si bien no se ha hecho una evaluación específica acerca del impacto del tráfico marítimo y de otras fuentes de ruido que tienen relación con actividades acuícolas en Chile, los niveles actuales de tráfico vinculados a la industria de la salmonicultura sin duda impactan en los cetáceos de la Patagonia chilena, tanto a nivel fisiológico como conductual, afectándolos individualmente y probablemente a nivel poblacional también.



2.3 Otros posibles impactos y vacíos de conocimiento

2.3.1 Escapes de salmónes

Uno de los principales problemas asociados con la salmonicultura es el escape de salmónes desde las balsas jaulas (Sepúlveda et al., 20213; Quiñones et al., 2019), ya que los salmónes fugados compiten con o depredan la fauna nativa. Esto ha tenido consecuencias ecológicas significativas en la biota nativa de los ecosistemas marinos del sur de Chile (Soto et al., 2001; García De Leaniz et al., 2010). Se ha registrado una relación negativa entre la abundancia de salmónidos y la fauna nativa en distintos cuerpos de agua, tanto dulceacuícolas (Soto et al., 2016) como marinos (Soto et al., 2001). Esta relación inversa se debe principalmente a la conducta depredadora que caracteriza a los salmónes, que son peces exóticos, particularmente las especies trucha arcoiris y salmón coho (Soto et al., 2016).

En el medio marino, Soto et al. (2001) registraron la presencia de peces pelágicos pequeños en el contenido estomacal de salmónidos de vida libre, siendo las especies más frecuentes la anchoveta (*Engraulis ringens*), la sardina (*Sardinops sagax*), el mote (*Normanichthys crockery*) y el pejerrey (*Odontesthes regia*). Estas mismas especies son presa regular de mamíferos marinos, principalmente de pequeños cetáceos. Para este grupo, una disminución de la fauna nativa debido a la presencia de salmónidos escapados puede tener consecuencias ecológicas negativas, tanto a corto plazo (p.ej., cambios en la composición de la dieta y alteración del uso de hábitat) como a largo plazo (p.ej., alteración del crecimiento poblacional y de la condición corporal). Ninguno de estos potenciales impactos en pequeños cetáceos ha sido evaluado en Chile.



2.3.2 Presencia de microplásticos

Actualmente, la contaminación por plásticos, y particularmente por microplásticos, es un tema de preocupación global. En los ecosistemas marinos se ha detectado la presencia de microplásticos tanto en la columna de agua como en los sedimentos, prácticamente en todo el mundo, incluso en los fiordos de la Patagonia (Castillo et al., 2020).

En Chile, Jorquera et al. (2022) identificaron y cuantificaron la presencia de microplásticos en sedimentos marinos de la Patagonia norte (40–47°S), encontrando que cerca del 40% de la abundancia de microplásticos se explica por la proximidad e intensidad de los centros de cultivos de salmónidos, así como por la magnitud y dirección de las corrientes marinas. Según estos autores, la relación con la salmonicultura se debe al uso de componentes plásticos por parte de la industria para mantener las estructuras a flote y para todo el proceso de engorda en el medio marino.

En Chile no se han llevado a cabo estudios que analicen la presencia y abundancia de microplásticos en pequeños o grandes cetáceos en el sur de Chile, menos aún de los potenciales impactos en estos mamíferos. El único estudio realizado en la zona es el de Pérez-Venegas et al. (2020) sobre el lobo marino común (*Otaria flavescens*), que encontró una mayor concentración de microplásticos en poblaciones de lobos marinos de la zona interior de Chiloé, en comparación con la zona expuesta, lo que podría asociarse a la mayor presencia de actividades humanas, incluida la salmonicultura, en la zona interior.



2.3.3 Uso indebido de antibióticos

Chile tiene una de las tasas más altas a nivel mundial de uso de antibióticos en la producción de salmón (p.ej., oxitetraciclina, florfenicol y eritromicina) (Millanao et al., 2011; Miranda et al., 2018) para combatir bacterias como la *Piscirickettsia salmonis* (Miranda et al., 2018; Figueroa et al., 2019). Los antibióticos se administran principalmente a través del alimento (Sørum, 2006; Smith et al., 2009), por lo que un porcentaje de estos se libera al medio marino en el alimento no consumido, la orina y las heces de los salmones (Miranda et al., 2018).

Se ha evidenciado que el uso de antibióticos en la acuicultura provoca la prevalencia de bacterias resistentes y la propagación de genes de resistencia (Cabello et al., 2013, 2016). Esto es motivo de preocupación para la industria salmonera chilena, considerando el sobreuso de antibióticos y las altas concentraciones resultantes liberadas al medio acuático circundante (Kemper, 2008). Pese a ello, en Chile no hay un reporte constante de los residuos asociados a la salmonicultura y solo se han realizado unos pocos estudios sobre el efecto de los antibióticos en el medioambiente circundante (Miranda et al., 2018), enfocados en los sedimentos (Buschmann et al., 2012; Tomova et al., 2018).

Se desconoce cómo afectan los antibióticos a la trama trófica y a los depredadores tope, como los mamíferos marinos. Es fundamental conocer las concentraciones de residuos de antimicrobianos en sedimentos marinos impactados por la industria salmonicultura chilena para implementar lineamientos eficientes para su regulación.

2.3.3.1 Lesiones cutáneas por sobreuso de antibióticos

El uso generalizado de antibióticos de amplio espectro en la industria salmonera ha sido relacionado con la aparición de resistencia a los antibióticos y con la proliferación de patógenos bacterianos recombinantes más virulentos, a pesar de la regulación actual que prohíbe el uso profiláctico de antibióticos (Cabello, 2004, 2006; Buschmann et al., 2012). En este contexto, Sanino et al. (2014) sugieren que las lesiones emergentes en *L. australis* y *C. eutropia* en la Reserva Añihué podrían relacionarse con una mayor presencia de bacterias patógenas resistentes a los antibióticos en su entorno. Es necesario un monitoreo continuo de los individuos en el área afectada, dado que aún no se ha documentado evidencia de tales efectos indirectos en los ecosistemas patagónicos.



2.3.4 Condiciones hipóxicas

Uno de los impactos ambientales más significativos de la industria acuícola es la hipoxia, que ocurre cuando los niveles de oxígeno caen por debajo de 1-2 mg/L, o la anoxia, cuando estos niveles llegan a 0 mg/L. La hipoxia y anoxia se generan por el exceso de materia orgánica derivada de los alimentos y fecas de los peces cultivados que al degradarse consumen oxígeno (Quiñones et al., 2019 y referencias). Este fenómeno puede intensificarse en las aguas costeras chilenas debido a factores como el cambio climático, la eutrofización por nutrientes provenientes de residuos agrícolas y otras actividades humanas (Quiñones et al., 2019 y referencias). Generalmente, la hipoxia es un efecto severo pero localizado que afecta fuertemente a las comunidades bentónicas causando una reducción en la diversidad de especies (Urbina, 2016).

Aunque la hipoxia y anoxia no deberían afectar a los cetáceos directamente, debido a que estos respiran aire en la superficie, cualquier impacto en sus potenciales presas podría tener consecuencias en su nivel poblacional. Particularmente, los cetáceos pequeños, como el delfín chileno y el delfín austral, que consumen peces en áreas costeras de la Patagonia y que tienen alta fidelidad a sitios particulares, podrían verse afectados (Viddi et al., 2016). Hay pocos estudios que examinen los impactos de la hipoxia en peces en la columna de agua, pero existe uno en Estados Unidos que muestra impactos en peces demersales (Eby et al., 2005). Por lo tanto, es necesario realizar más estudios sobre el impacto de las hipoxias locales en los peces que son presas de los cetáceos pequeños en la Patagonia chilena, para evaluar cómo el fenómeno les afecta.

Viddi et al. (2023) realizaron un análisis de riesgo de solapamiento entre las zonas afectadas por hipoxia y los hábitats del delfín chileno, delfín austral y la marsopa espinosa. Los valores de riesgo variaron entre 0 (sin riesgo) y 1 (riesgo grave), encontrando que el promedio para la Patagonia norte superaba los 0,4. Se identificó un número importante de áreas de riesgo para el delfín chileno en la Patagonia norte, siendo menor el riesgo en la zona sur. Para el delfín austral se identificó un menor número de áreas de riesgo, pero siguen siendo más altas en la zona norte. Para la marsopa espinosa, también se identificaron varios puntos de riesgo. Estos hallazgos apoyan la importancia de realizar más estudios sobre los efectos de la hipoxia en los cetáceos pequeños.

CAPÍTULO 3

Legislación nacional e internacional para la protección de los cetáceos

Este capítulo revisa la legislación nacional e internacional relevante para la protección de los cetáceos. La legislación nacional incluye la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), con sus modificaciones y reglamentos, así como la Ley de Protección de Cetáceos y reglamentos relevantes. También se examinan tratados internacionales suscritos por Chile. Posteriormente, se ofrece una revisión de las legislaciones de otros países relacionadas con la protección de los cetáceos, particularmente de Australia, EE. UU., Nueva Zelanda y la Unión Europea. La de EE. UU es la más relevante para el caso, ya que el país cuenta con uno de los marcos regulatorios más estrictos a nivel mundial en términos de protección de cetáceos. Además, es el único país cuyas regulaciones afectan directamente a las industrias acuícolas y pesqueras chilenas debido a las restricciones a las exportaciones de recursos a EE. UU. si no se cumplen sus estándares.

3.1 Legislación nacional

3.1.1 Ley No. 18.892: Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA, 1989)

En su artículo 4°, la LGPA ordena que para todas las actividades de pesca (el artículo no menciona la acuicultura) se deben seguir *“buenas prácticas pesqueras para evitar, minimizar o mitigar la captura incidental de mamíferos, aves y reptiles acuáticos”*. La norma define la pesca incidental como *“aquella conformada por especies que no son parte de la fauna acompañante y que está constituida por reptiles marinos, aves marinas y mamíferos marinos”*. La actividad pesquera extractiva se define como *“actividad pesquera que tiene por objeto capturar, cazar, segar o recolectar recursos hidrobiológicos. En este concepto no quedarán incluidas la acuicultura, la pesca de investigación y la deportiva”*.

3.1.2 Ley 20.293: Protege a los Cetáceos e introduce modificaciones a la Ley Nº 18.892 General de Pesca y Acuicultura (2008)

Esta ley, conocida como Ley de Protección de Cetáceos, prohíbe explícitamente la caza comercial de cetáceos y contiene varios puntos relevantes relacionados con los impactos de las actividades humanas en los cetáceos. Los artículos 2 y 3 son especialmente relevantes en este contexto:

“Artículo 2°.- Se prohíbe dar muerte, cazar, capturar, acosar, tener, poseer, transportar, desembarcar, elaborar o realizar cualquier proceso de transformación, así como la comercialización o almacenamiento de cualquier especie de cetáceo que habite o surque los espacios marítimos de soberanía y jurisdicción nacional.

Artículo 3°.- Con el fin de promover la protección y el uso no letal de los cetáceos, la zona libre de caza tendrá los siguientes objetivos:

- a. Propender a la protección y conservación de las poblaciones de cetáceos, la biodiversidad relacionada y los ecosistemas de los cuales dependen.*
- b. Proteger espacios claves para el desarrollo de sus ciclos de vida, implementando medidas adicionales de protección en los lugares de cría, apareamiento, cuidado parental, alimentación y rutas migratorias.*
- c. Asegurar que las actividades en torno a la observación de cetáceos se realicen de manera responsable, regulada y sostenible.*

- d. Asegurar la protección efectiva de las diversas especies de cetáceos que habitan y circulan en los espacios marítimos de soberanía y jurisdicción nacional, para lo cual se fomentará la creación de áreas marinas costeras protegidas, parques o reservas.”

3.1.3 Ley 20.625: Define el descarte de especies hidrobiológicas y establece medidas de control y sanciones para quienes incurran en esta práctica en las Faenas de Pesca (2012)

La Ley 20.625, que introduce modificaciones a la LGPA, define la pesca incidental como “*aquella conformada por especies que no son parte de la fauna acompañante y que está constituida por reptiles marinos, aves marinas y mamíferos marinos*”. También establece la obligación de devolver al mar las especies hidrobiológicas capturadas incidentalmente e introduce normas sobre observadores científicos y el uso de cámaras para la fiscalización de la pesca incidental y el descarte. Cabe señalar que las interacciones entre actividades acuícolas y mamíferos marinos se abordan en el Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA), pero la exigencia de observadores científicos no aplica a las actividades de acuicultura.

3.1.4 D.S. No. 38-2011: Reglamento General de Observación de Mamíferos Reptiles y Aves Hidrobiológicas, y del Registro de Avistamiento de Cetáceos (2011)

La LGPA dispone en su artículo 13 E que “*uno o más reglamentos establecerán los procedimientos y requisitos a que se someterá el registro del avistamiento de cetáceos, así como la observación de mamíferos, reptiles y aves hidrobiológicas*”, lo que dio lugar a este reglamento.

Según este, las personas que realizan actividades turísticas o científicas (no hay referencia a las actividades acuícolas), tienen la obligación de entregar el registro de avistamientos a la Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR).

3.1.5 Decreto 320: Reglamento Ambiental para la Acuicultura (RAMA) (última modificación, 24 febrero 2022)

El RAMA establece medidas de protección del medioambiente para la acuicultura, incluidas acciones para reducir las interacciones con mamíferos marinos a través de redes y disuasivos acústicos, así como la reducción y mitigación de enmalles mediante el uso de las llamadas “redes loberas”.

El RAMA también establece la obligación de informar sobre las interacciones con mamíferos marinos bajo pena de sanción, pero no exige la presencia de observadores científicos imparciales para la acuicultura, como sí lo hace para las faenas de pesca. Además, en su Artículo 5 estipula: “*En el mes de marzo de cada año, el Servicio deberá remitir un informe en el que se consignen los antecedentes de todas las interacciones de mamíferos marinos con la infraestructura del centro de cultivo ocurridas en el año anterior, incorporando al menos la siguiente información: código del centro, etapa de la producción en que se encontraba el centro al momento de la contingencia, fecha de la contingencia, tipo de contingencia, especie de mamífero marino involucrada, número de individuos, número de ejemplares con daño grave o muerte, estado de desarrollo y, en lo posible, el sexo de los organismos involucrados*”. Esta información puede accederse mediante una solicitud al SERNAPESCA en virtud de la Ley de Transparencia.

3.1.6 Deficiencias en la fiscalización de la protección de cetáceos en Chile

La fiscalización de la protección de cetáceos en Chile está a cargo del SERNAPESCA. Lamentablemente, no hay suficiente información disponible para tener un panorama claro de la

situación actual en el país. El informe anual de fiscalización del SERNAPESCA del 2022¹¹ no presenta estadísticas sobre la fiscalización de impactos en cetáceos por actividades pesqueras o acuícolas, que incluyen la captura incidental, los enmallamientos en artes de pesca y en los centros de cultivo o las colisiones con embarcaciones. El documento solo ofrece estadísticas sobre el total anual de varamientos de cetáceos por región, dando cuenta que “*los varamientos de cetáceos mayores (ballenas y cachalotes) y cetáceos menores (delfines y marsopas), llegaron a 48, aumentando en un 60% respecto del año anterior*”. Pero no detalla las causas de las muertes ni las áreas geográficas exactas donde ocurrieron (solamente las regiones).

Algunas cuestiones que vale la pena tener en cuenta:

a. Importancia de la definición e interpretación del concepto de “acoso” en la legislación chilena

Es crucial definir claramente el concepto de “acoso” en la legislación chilena para mejorar la protección de los cetáceos frente a las actividades humanas. Prieto Figelist (2018) propone “[...] *desarrollar y ahondar en el concepto de acoso a los cetáceos en nuestra legislación, jurisprudencia y los actos de administración. Lo antes dicho debido a que de acuerdo a lo que se entienda por acoso, este concepto puede ser utilizado como mecanismo que permita elevar los estándares de exigencia para aprobar proyectos o actividades que puedan afectar a los cetáceos. Así, idealmente si el acoso se entiende como perturbar e importunar, la aplicación de este concepto y estándar permitiría aspirar a una alta protección de los cetáceos y sus ambientes marinos. [...] El concepto de la prohibición del acoso debe ser un recurso judicial importante en la litigación ambiental al momento de moderar las actividades humanas turísticas, comerciales, científicas e industriales que puedan comprometer de alguna manera a los cetáceos, sus ciclos vitales y su hábitat*”.

b. Enfoque en la conservación de los ecosistemas

La LGPA enfatiza la conservación de los ecosistemas de los cuales dependen los cetáceos, enfocándose en el establecimiento de áreas marinas protegidas. Sin embargo, no regula suficientemente las actividades humanas que producen un deterioro significativo en esos hábitats. No hay un abordaje suficiente de la planificación espacial marina ni de la regulación de las actividades humanas en espacios marinos protegidos. Aunque se han establecido áreas marinas protegidas en Chile, que incluyen a los cetáceos como especies objetivo, la mayoría carece de planes de manejo y/o de recursos para la fiscalización de estos, así como de medidas concretas para la conservación.

c. Modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura

Las modificaciones a la Ley General de Pesca y Acuicultura promovidas por la Ley de Protección de Cetáceos se centran en medidas reactivas de rescate, rehabilitación y reinserción de cetáceos afectados por actividades humanas, en lugar de disponer medidas preventivas para reducir las interacciones e impactos de las actividades humanas.

¹¹ Informe disponible en: https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/ifpa_2022.pdf

3.2 Tratados internacionales para la protección de cetáceos suscritos por Chile

Chile ha suscrito varios tratados internacionales que protegen a los cetáceos y sus hábitats. La Convención sobre la Diversidad Biológica y la Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias se enfocan en la protección de los hábitats y rutas migratorias de los cetáceos. En cumplimiento de estos tratados, Chile ha creado áreas marinas protegidas. Sin embargo, muchas de ellas carecen de planes de manejo y de una adecuada fiscalización.

Por otro lado, la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres y la Comisión Ballenera Internacional prohíben la comercialización y caza de cetáceos. En la actualidad, Chile cumple adecuadamente con estas prohibiciones.

3.2.1 Convención sobre la Diversidad Biológica (CDB)

Chile es parte de esta convención desde 1994, siendo el Ministerio del Medio Ambiente el encargado de su implementación. La CDB no menciona específicamente a los cetáceos ni a ningún grupo de animales, pero promueve la conservación y uso sostenible de la diversidad biológica y la creación de áreas protegidas.

3.2.2 Convención sobre la Conservación de las Especies Migratorias (CMS)

Chile es parte de la CMS desde 1981, cuya implementación es responsabilidad del Ministerio de Relaciones Exteriores. La convención promueve la investigación, monitoreo y conservación de las especies migratorias y sus hábitats, lo que incluye a todas las especies de cetáceos listadas en sus Apéndices I y II.

3.2.3 Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES)

Chile ratificó la CITES el 14 de febrero de 1975. Su aplicación recae en el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para especies terrestres y en el Servicio Nacional de Pesca y Acuicultura (SERNAPESCA) para especies marinas. La CITES se centra en las especies afectadas por el comercio y todas las especies de cetáceos presentes en Chile están incluidas en sus Apéndices, prohibiendo su comercialización.

3.2.4 Comisión Ballenera Internacional (CBI)

Chile es parte de la CBI desde el año 1979, cuando se adhirió a la Convención Internacional para la Regulación de la Caza de Ballenas de 1946. El Ministerio de Relaciones Exteriores está a cargo de implementar este acuerdo. En 1982, Chile aprobó la moratoria para la cacería comercial de ballenas, una medida de carácter indefinido que solo se puede modificar mediante el voto de tres cuartos de los países miembros de la CBI. Consistentemente, Chile se ha opuesto a los intentos de levantar esta medida.

3.3 Casos de legislación internacional para la protección de mamíferos marinos: enfoque en Estados Unidos

3.3.1 El caso de EE. UU.: la Marine Mammal Protection Act y las restricciones de importaciones desde Chile debido a la captura incidental

Estados Unidos es el único país cuyas regulaciones afectan directamente a la industria acuícola chilena. En EE. UU., todos los mamíferos marinos están protegidos bajo la Marine Mammal Protection Act (Ley de Protección de Mamíferos Marinos o MMPA, por sus siglas en inglés) y algunas especies también están protegidas bajo la Endangered Species Act (Ley de Especies en Peligro de Extinción).

De acuerdo con la MMPA, está prohibido “capturar” mamíferos marinos en aguas estadounidenses o por ciudadanos estadounidenses en aguas internacionales. En la norma, capturar se define como acosar, cazar, capturar, coleccionar o matar. Para cualquier captura se debe solicitar a la National Oceanic and Atmospheric Administration (Administración Nacional Oceánica y Atmosférica o NOAA, por sus siglas en inglés) un permiso llamado incidental take authorization (autorización de captura incidental), aplicable a actividades humanas (ejercicios militares, exploración de hidrocarburos, investigación científica, construcción costera, etc.), excluyendo la pesca y acuicultura.

Bajo la MMPA, cada actividad pesquera y acuícola realizada en aguas estadounidenses debe clasificarse en una de tres categorías, según la frecuencia de captura incidental de mamíferos marinos que cause muerte o lesiones graves, y el nivel de mortalidad que puede soportar la población sin comprometer su estabilidad, de acuerdo con el concepto de Potential Biological Removal (Remoción Biológica Potencial o PBR, por sus siglas en inglés). Esta clasificación se realiza a través de la List of Fisheries (Lista de Pesquerías o LOF, por sus siglas en inglés), publicada anualmente por la NOAA. La clasificación determina si es necesario aplicar medidas especiales a determinadas pesquerías o cultivos, como el monitoreo por observadores o la implementación de un plan de reducción de captura incidental.

En 2016, la MMPA estableció restricciones a las importaciones de productos pesqueros y acuícolas que causan captura incidental de mamíferos marinos (causando muerte o lesiones graves) (National Oceanic and Atmospheric Administration, 2016). En este contexto, el National Marine Fisheries Service (Servicio Nacional de Pesquerías Marinas o NMFS, por sus siglas en inglés) clasifica las pesquerías y los cultivos extranjeros en dos categorías: “exentas” (aquellas con baja probabilidad de pesca incidental) y “de exportación” (aquellas con probabilidad de pesca incidental).

En su lista final de Foreign Fisheries de 2022 (Lista de Pesquerías Extranjeras o LOFF, por sus siglas en inglés), el NMFS estableció que las pesquerías “de exportación” debían demostrar el cumplimiento de los estándares estadounidenses antes de diciembre de 2023, a riesgo de prohibirse la importación de sus productos. El 31 de diciembre de 2025 es el plazo final para que Chile envíe los antecedentes que demuestren el cumplimiento de los estándares de la MMPA en materia de captura incidental.¹²

La LOFF incluye múltiples pesquerías y cultivos chilenos que podrían verse afectados por restricciones de importaciones de EE. UU. Es el caso del cultivo de las siguientes especies de

¹² Artículo disponible en: <https://www.subpesca.cl/portal/617/w3-article-120537.html>

salmónidos: salmón del Atlántico (*Salmo salar*), salmón Coho (*Oncorhynchus kisutch*) y trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*). Las especies de mamíferos marinos potencialmente afectadas son: ballena azul chilena, marsopa espinosa, delfín chileno, tonina overa, delfín nariz de botella, delfín oscuro, ballena jorobada, delfín austral, ballena sei, lobo fino austral, lobo marino común y ballena franca austral.

Para estos recursos (p.ej., *Salmo salar*, región de Magallanes, Comuna de Puerto Natales), la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (SUBPESCA) debe demostrar que las capturas incidentales no superan la PBR para cada población, bajo el riesgo de perder acceso al mercado estadounidense. Chile, uno de los diez principales exportadores de productos pesqueros a EE. UU., podría verse afectado por el incumplimiento de esta normativa. Lo anterior ha impulsado avances en la investigación de estimaciones poblacionales de mamíferos marinos y en el monitoreo de la captura incidental en Chile.

3.3.2 El caso de Australia y Nueva Zelanda

Bajo la Environment Protection and Biodiversity Conservation Act de 1999 (Ley de Protección Ambiental y de Conservación de la Biodiversidad), todos los cetáceos en aguas australianas están protegidos. Dentro del Australian Whale Sanctuary (Santuario de Ballenas Australiano) de está prohibido matar, lesionar o interferir con los cetáceos, bajo penas severas. En Nueva Zelanda, la Marine Mammal Protection Act de 1978 (Ley de Protección de Mamíferos Marinos) protege, conserva y gestiona a los mamíferos marinos dentro del país y en sus aguas pesqueras.

Tanto Australia como Nueva Zelanda tienen programas de monitoreo y bases de datos en línea sobre pesca incidental de cetáceos, pero estos solo se aplican a las actividades pesqueras, no a la acuicultura.

3.3.3 El caso de la Unión Europea

La protección de cetáceos a nivel europeo cabe bajo varios marcos regulatorios: la Directiva Hábitats, la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina y la CITES.

La Red Natura 2000 (RN2000), creada mediante la Directiva Hábitats, es una red ecológica coherente de espacios protegidos que tiene como objetivo contribuir a la conservación y supervivencia a largo plazo de los hábitats naturales, así como de la flora y fauna silvestres, en el territorio de la Unión Europea. En el ámbito marino, tiene como objetivo garantizar el estado de conservación favorable de determinados hábitats y especies marinas. La RN2000 está conformada por dos tipos de espacios protegidos: las Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y las Zonas Especiales de Protección para las Aves (ZEPAS). La Directiva Hábitats recomienda la creación de áreas marinas protegidas para la conservación de los cetáceos.

Por otro lado, la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina de 2008 estableció objetivos para la prevención, protección y conservación del medio marino hacia 2020, permitiendo al mismo tiempo su uso sostenible mediante un enfoque ecosistémico.

Además, está el Reglamento No. 812/2004, que introdujo medidas para reducir las capturas accidentales de cetáceos en la pesca, enfocándose en ballenas, delfines y marsopas. Sin embargo, este reglamento no se aplica a las operaciones acuícolas en aguas europeas.



CAPÍTULO 4

Conclusiones

La industria de la salmonicultura en Chile ha experimentado un rápido crecimiento en las últimas tres décadas, situando al país como el segundo productor mundial de salmón. Este rápido desarrollo ha generado una serie de impactos en los ecosistemas marinos donde la industria opera, principalmente en las regiones más australes del país, parte de la Patagonia chilena (Quiñones et al., 2019; Buschmann et al., 2021). Al mismo tiempo, Chile alberga una notable diversidad de cetáceos, con 43 de las 94 especies existentes a nivel mundial, de las cuales 26 (un 28%) se encuentran específicamente en la Patagonia (Tabla 1). Esta superposición entre las actividades de la industria salmonera y el hábitat de los cetáceos representa una amenaza significativa para sus poblaciones en el país.

Aunque la literatura científica ha proporcionado evidencia sobre los impactos de la salmonicultura en los ecosistemas en general (Tacon et al., 2009; Klinger & Naylor, 2012), hay una carencia de estudios que aborden específicamente cómo estos impactos afectan a los cetáceos.

La captura incidental es uno de los impactos documentados más evidentes de la salmonicultura sobre pequeños y grandes cetáceos (Kemper & Gibbs, 2001). En Chile, se ha registrado el enmalle y muerte de delfines chilenos, así como de ballenas jorobadas y sei, en centros de cultivo de salmónidos (Espinosa-Miranda et al., 2020). Sin embargo, no hay registros oficiales que permitan cuantificar estos incidentes.

El intenso tráfico marítimo en la Patagonia, mayoritariamente asociado a la industria salmonera, también constituye una preocupación significativa para los cetáceos (Sèbe et al., 2019). Las colisiones con embarcaciones representan una causa importante de mortalidad y lesiones graves para estas especies (Cates et al., 2017). No obstante, es difícil documentar correctamente estos incidentes porque la mayoría de los cetáceos muertos por colisión no varan en la costa; muchos flotan mar adentro o se hunden, quedando fuera de las estadísticas.

Adicionalmente, el ruido submarino generado por los motores de las embarcaciones tiene diversos efectos adversos en los cetáceos. Estos incluyen cambios en su distribución espacial, pérdida de espacios de comunicación y aumentos en los niveles de cortisol (la hormona del estrés). Dado que los cetáceos dependen del sonido en todas las etapas de su vida, estas perturbaciones pueden tener un impacto significativo en su salud y bienestar (p. ej. Tyack & Clark, 2000). Por otro lado, la hipoxia y anoxia que tienen lugar en muchos centros de cultivo de salmón, por las descargas de materia orgánica asociada a las operaciones de cultivo, podrían tener consecuencias en las presas de los cetáceos pequeños. Las implicancias al respecto no han sido estudiadas. El impacto de la salmonicultura en la fauna nativa, debido al escape de salmónidos desde centros de cultivo, también podría afectar negativamente a los pequeños cetáceos al reducir la disponibilidad de alimento (Soto et al., 2016).

La presencia de microplásticos en la Patagonia chilena es otra fuente de preocupación, con cerca del 40% de estos residuos atribuibles a la proximidad con los centros de cultivo de salmones, que emplean plásticos en sus estructuras flotantes (Jorquera et al., 2022). La información sobre la presencia de microplásticos en cetáceos y sus potenciales impactos es incierta y requiere de investigación más detallada.

Un punto relevante adicional es que la producción de salmón en Chile registra una de las tasas más altas de uso de antibióticos a nivel mundial (Millanao et al., 2011; Miranda et al., 2018). Aunque se ha considerado la posibilidad de efectos indirectos negativos en el ecosistema de

los mamíferos marinos producto del uso o sobreuso de antibióticos, aún no se ha documentado científicamente cómo afectan a la trama trófica y a los depredadores tope, como los mamíferos marinos. No obstante, se ha establecido una relación entre el uso generalizado de antibióticos y el desarrollo de resistencia a estos, así como a patógenos bacterianos recombinantes más virulentos (Cabello et al., 2013, 2016). El uso de antibióticos también podría explicar la aparición de lesiones cutáneas en algunas especies (Sanino et al., 2014). Es necesario realizar un seguimiento y monitoreo de esta situación.

La legislación para proteger a los cetáceos en Chile ha sido efectiva en detener su caza y comercialización, pero aún tiene espacio para mejorar. En general, carece de medidas preventivas para proteger a los cetáceos y sus hábitats, particularmente en lo que respecta a las actividades acuícolas, pesqueras y de tráfico marino. La regulación se centra en medidas reactivas, como el rescate, la rehabilitación y la reinserción de individuos afectados por las actividades humanas. Además, falta fiscalización efectiva por parte del SERNAPESCA, así como más información y estadísticas sobre la interacción de cetáceos con actividades acuícolas, como la captura incidental, los enmallamientos o las colisiones con embarcaciones.

En el ámbito del derecho internacional, Chile ha suscrito múltiples tratados internacionales que protegen a los cetáceos y sus entornos, con un enfoque en sus hábitats y rutas migratorias. Si bien en el país se han establecido áreas marinas protegidas con objetivos de conservación de cetáceos, muchas carecen aún de planes de manejo y de posibilidades reales de fiscalización.

Finalmente, es importante destacar que el estricto marco regulatorio de Estados Unidos para la protección de cetáceos influye en los estándares de protección en Chile a través de sus reglas de importación de recursos hidrobiológicos.



CAPÍTULO 5

Recomendaciones para personas tomadoras de decisiones

5.1 Abordar vacíos de información a través del estudio de impactos y recopilación de estadísticas

En este informe se han descrito varios impactos potenciales de la industria de la salmonicultura en las poblaciones de cetáceos que cohabitan con ella en el sur de Chile, particularmente en términos de captura incidental (Kemper & Gibbs, 2001) y tráfico marítimo (Bedriñana-Romano et al., 2021). Sin embargo, faltan estudios exhaustivos para evaluar adecuadamente todos los posibles impactos. Por ello, una recomendación clave de este trabajo es que futuras investigaciones aborden la evaluación de estos impactos potenciales y de cómo podrían afectar la salud individual y poblacional de los cetáceos presentes en las zonas donde opera la salmicultura. En particular, se recomienda:

- **Captura incidental y enmalle:** realizar estudios exhaustivos sobre la incidencia de enmalle y captura incidental de cetáceos en redes de cultivo, así como la mortalidad asociada.
- **Tráfico marítimo asociado a la industria:** analizar el impacto del tráfico marítimo intensificado por la industria salmonera en cuanto a las colisiones con cetáceos, sea con resultado de muerte o lesiones, y en cuanto al impacto que significa para los cetáceos el ruido submarino que genera. Es recomendable evaluar cómo el ruido producido por las embarcaciones asociadas a actividades de salmonicultura afecta la comunicación, la orientación y el comportamiento de los cetáceos.
- **Escapes de salmónes:** estudiar cómo los escapes de salmónes de las balsas jaulas y la competencia que generan con las especies nativas impactan en la disponibilidad de alimento, particularmente de los cetáceos de menor tamaño.
- **Contaminación por microplásticos:** investigar la presencia de contaminación atribuida a los centros de cultivo, especialmente con microplásticos, que esté afectando a los cetáceos y sus hábitats.
- **Contaminantes químicos:** investigar la influencia de los productos químicos utilizados en la salmonicultura, como antibióticos y pesticidas, en la salud y el hábitat de los cetáceos. El uso desmedido de antibióticos en el cultivo de peces podría afectar la cadena trófica y, en consecuencia, a los mamíferos marinos.
- **Hipoxia y anoxia:** investigar las consecuencias que la generación de condiciones hipóxicas o anóxicas, asociadas al cultivo del salmón, podrían tener en las poblaciones de las especies presas de los cetáceos más pequeños, como el delfín chileno y el delfín austral.

El levantamiento de información científica para realizar estos análisis es fundamental para la toma de decisiones orientadas a proteger a los cetáceos en Chile.

Desarrollar una base de datos sólida y multidimensional sobre estos aspectos permitirá la formulación de estrategias de manejo y políticas regulatorias más efectivas para mitigar los impactos negativos de la salmonicultura en los cetáceos. La colaboración entre científicos/as, entes reguladores y la industria salmonera es fundamental para avanzar en este ámbito crítico de investigación.

5.2 Evitar la superposición con zonas críticas

Asimismo, es necesario tomar medidas para evitar la superposición de los centros de cultivo con zonas de hábitat crítico de alimentación, reproducción y descanso, así como con las zonas de tránsito o rutas de migración de los cetáceos. En este ámbito, las recomendaciones son las siguientes:

- **Identificación y mapeo de zonas críticas:** realizar estudios detallados para identificar y mapear los hábitats críticos de alimentación, reproducción y descanso, así como las zonas de tránsito y rutas migratorias de los cetáceos. Esta información debería ser utilizada para guiar la ubicación de los centros de cultivo y las rutas de navegación de las embarcaciones asociadas.
- **Regulación de la ubicación de centros de cultivo:** implementar regulaciones que prohíban la instalación de centros de cultivo en áreas identificadas como críticas para los cetáceos. Esto debería incluir la creación de zonas de exclusión donde la salmonicultura no esté permitida.
- **Planificación espacial marina:** desarrollar y aplicar una planificación espacial marina que integre la conservación de cetáceos, asegurando que las actividades de salmonicultura no interfieran con los hábitats críticos y las rutas migratorias de estos mamíferos marinos.
- **Monitoreo continuo:** establecer programas de monitoreo continuo para evaluar el impacto de los centros de cultivo en las áreas cercanas a las zonas críticas de los cetáceos. Es recomendable adaptar las regulaciones y prácticas de manejo en respuesta a los resultados del monitoreo.
- **Colaboración con comunidades locales y científicos/as:** fomentar la colaboración con comunidades locales, científicos/as y organizaciones ciudadanas y sin fines de lucro para asegurar que las decisiones sobre la ubicación de los centros de cultivo se basen en la mejor información científica disponible y en el conocimiento local.

Implementar estas medidas contribuirá a la protección de los cetáceos y sus hábitats, asegurando que las actividades de salmonicultura no impacten en los espacios claves para su supervivencia.

5.3 Implementar medidas de mitigación de daños por captura incidental

Es crucial implementar medidas concretas para mitigar la captura incidental de cetáceos, asociada a las actividades de la industria de la salmonicultura. Es necesario contar con información completa sobre las tasas de captura incidental de cetáceos y adoptar medidas de manejo para reducir la probabilidad de enmalle y muerte de estos animales. Estas medidas incluyen:

- Limitar el número de líneas innecesarias.

- Mantener adecuadamente la tensión de las redes.
- Modernizar las mallas, usando acero, por ejemplo.
- Ajustar el tamaño de las mallas.
- Regular el grado de cierre de las redes antidepredadores.

5.4 Manejo del tráfico marítimo

Existen medidas efectivas para reducir las consecuencias negativas de la interacción entre embarcaciones y cetáceos, avaladas por la literatura (Bedriñana-Romano et al 2021) y la experiencia científica internacional. Algunas de estas son:

- Planificar rutas de navegación para separar el espacio de las embarcaciones de los sitios clave para las ballenas.
- Reducir la velocidad de las embarcaciones.
- Implementar sistemas de alerta en tiempo real.

Adicionalmente, en cumplimiento de la legislación nacional, se debería controlar adecuadamente las rutas de navegación, exigiendo a las empresas titulares de las embarcaciones someterse al sistema de evaluación de impacto ambiental a través de estudios de impacto ambiental, especialmente cuando estas actividades se realicen en o cerca de áreas protegidas.

5.5 Complementar la legislación chilena

Se recomienda complementar la legislación chilena con el enfoque precautorio, que ya es parte integrante de la Ley General de Pesca y Acuicultura (LGPA), para hacerla más efectiva en la protección de los cetáceos y sus hábitats, particularmente en relación con actividades acuícolas, pesqueras y de tráfico marítimo. Aunque la ley prohibió efectivamente la caza y comercialización de cetáceos, en general se centra en medidas reactivas de rescate, rehabilitación y reinserción de individuos afectados por las actividades humanas, careciendo de una prevención suficiente para la protección efectiva de estas especies.

5.6 Implementar una planificación espacial marina

La regulación que protege a los cetáceos en Chile enfatiza la conservación de sus hábitats, enfocándose en las áreas marinas protegidas, pero no regula adecuadamente actividades humanas, como la salmonicultura, que deterioran dichos hábitats. Es necesario implementar una planificación espacial marina que regule estas actividades e incluya planes de manejo adecuados con recursos asociados para la gestión y fiscalización de las áreas protegidas.

5.7 Incluir observadores/as científicos/as

Se recomienda incluir observadores/as científicos/as imparciales en las actividades de acuicultura para monitorear las interacciones de mamíferos marinos con los centros de cultivo y las embarcaciones, similar a lo que se exige para las actividades de pesca.

5.8 Definir claramente el concepto de “acoso”

Asimismo, se recomienda establecer una definición clara del concepto de “acoso” en la Ley de Protección de Cetáceos, ya que podría ser útil para elevar los estándares de protección de los cetáceos y sus hábitats frente a los impactos negativos de las actividades humanas (ver revisión de Prieto Figelist, 2018).

5.9 Considerar la influencia del mercado estadounidense

El acceso al mercado estadounidense para productos pesqueros y acuícolas chilenos depende de una mejor protección de los mamíferos marinos. Esto debe considerarse al proponer mejoras en la regulación y fiscalización de la legislación destinada a protegerlos.



Referencias

Acevedo, J. (2005). *Distribución, filopatría, residencia e identidad poblacional de la ballena jorobada, Megaptera novaeangliae, que se alimentan en las aguas del estrecho de Magallanes, Chile* (Tesis de magíster, Universidad de Magallanes, Chile).

Acevedo, J., Aguayo-Lobo, A., González, A., Haro, D., Olave, C., Quezada, F., Martínez, F., Garthe, S. & Cáceres, B. 2017. Occurrence of sei whales (*Balaenoptera borealis*) in the Magellan Strait from 2004-2015, Chile. *Aquatic Mammals*, 43(1), 63-72. <https://doi.org/10.1578/AM.43.1.2017.63>

Acevedo, J., Mora, C., & Aguayo Lobo, A. (2014). Sex related site fidelity of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to the Fuegian Archipelago feeding area, Chile. *Marine Mammal Science*, 30 (2), 433-444. <https://doi.org/10.1111/mms.12048>

Acevedo, J., Rasmussen, K., Felix, F., Castro, C., Llano, M., Secchi, E., & Pastene, L. A. (2007). Migratory destinations of humpback whales from the Magellan Strait feeding ground, Southeast Pacific. *Marine Mammal Science*, 23(2), 453-463. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2007.00116.x>

Aguayo, A., Torres, D., & Acevedo, J. 1998. Los Mamíferos Marinos de Chile: 1. Cetacea. Serie Científica INACH 48, 19-159.

Aguayo-Lobo A, J Acevedo, JL Brito, C Olavarría, R Moraga & C Olave. 2008. La ballena franca del sur, *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) en aguas chilenas: Análisis de sus registros desde 1976 a 2008. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 43(3): 653-668.

Allen, S., & Bejder, L. (2003). Southern right whale (*Eubalaena australis*) sightings on the Australian coast and the increasing potential for entanglement. *Pacific Conservation Biology*, 9(3), 228-233. <https://doi.org/10.1071/PC030228>

Andrés, C., Cardona, L., & Gonzalvo, J. (2021). Common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) interaction with fish farms in the Gulf of Ambracia, western Greece. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31, 2229-2240. <https://doi.org/10.1002/aqc.3585>

Aracena, C., Lange, C. B., Iriarte, J. L., Rebolledo, L., & Pantoja, S. (2011). Latitudinal patterns of export production recorded in surface sediments of the Chilean Patagonian fjords (41-55 S) as a response to water column productivity. *Continental Shelf Research*, 31, 340-355 <https://doi.org/10.1016/j.csr.2010.08.008>

Asche, F., Hansen, H., Tveterås, R., & Tveterås, S. (2009). The salmon disease crisis in Chile. *Marine Resource Economics*, 24 (4), 405-411. <https://doi.org/10.1086/mre.24.4.42629664>

Bailey, A. (2018). Trapped humpback whale freed from salmon farm near Tofino. *Cowichan Valley Citizen*. <https://www.cowichanvalleycitizen.com/news/trapped-humpback-whale-freed-from-salmon-farm-near-tofino/>

Bedriñana-Romano, L., Huckle-Gaete, R., Viddi, F. A., Johnson, D., Zerbini, A. N., Morales, J., & Palacios, D. M. (2021). Defining priority areas for blue whale conservation and investigating overlap with vessel traffic in Chilean Patagonia, using a fast-fitting movement model. *Scientific Reports*, 11, 2709. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-82220-5>.

Bedriñana-Romano, L., Viddi, F. A., Artal, O., Pinilla, E., & Huckle-Gaete, R. (2023). First estimate of distribution, abundance, and risk of encounter with aquaculture vessels for the rare Chilean dolphin in the entire Northern Chilean Patagonia. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 33(12), 1535-1551. <https://doi.org/10.1002/aqc.4012>

Belgrano, J., Iñíguez, M., Gibbons, J., García, C. and Olavarría, C. (2008) South-West Atlantic right whales *Eubalaena australis* (Desmoulins, 1822) distribution nearby the Magellan Strait. *Anales del Instituto Patagonia* (Chile) 36(2): 69-74.

Betti, F., Bavestrello, G., Bo, M., Enrichetti, F., Loi, A., Wanderlingh, A., Perez-Santos, I., & Daneri, G. (2017). Benthic biodiversity and ecological gradients in the Seno Magdalena (Puyuhuapi Fjord, Chile). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 198, 269-278. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.018>

Bossart, G. D. (2011). Marine mammals as sentinel species for oceans and human health. *Veterinary Pathology*, 48(3), 676-690. <https://doi.org/10.1177/0300985810388525>

Branch, T.A., Stafford, K.M., Palacios, D.M., Allison, C., Bannister, J.L., Burton, C.L.K., Cabrera, E., Carlson, C.A., Galletti- Vernazzani, B., Gill, P.C., ...& Warneke, R. M. 2007. Past and present distribution,

densities, and movements of blue whales in the Southern Hemisphere and northern Indian Ocean. *Mammal Review* 37(2): 116–175.

Bravo, C., Pérez, M. J., Barría, P., Bustos, G., Contreras, R., Inostroza, P., Moraga, R., Ramírez, N., Santos, M., & Sepúlveda, M. (2010). Implementación de acciones para la conservación del delfín chileno, *Cephalorhynchus eutropia*, en la zona de Constitución, región del Maule, Chile. In F. Félix (Ed.), *Esfuerzos para mitigar el impacto de actividades pesqueras en cetáceos en los países del Pacífico Sudeste* (pp. 3-10). Comisión Permanente del Pacífico Sur (CPPS).

Bravo, S., Whelan, K., Diaz, Y., & Silva, M. T. (2023). Causal analysis of escapement of farmed salmonids in Southern Chile. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 51(3), 363-378. <https://doi.org/10.3856/vol51-issue3-fulltext-3005>

Brownell, R. L. JR., Carlson, C.A., Galleti Vernazzani, B. Cabrera, E. (2007) Skin lesions on blue whales off Southern Chile: possible conservation implications? Paper SC/59/SH21 presented to the IWC Scientific Committee, May 2007 (unpublished).

Brownell Jr, R. L., Vernazzani, B. G., & Carlson, C. A. (2009). Vessel collision with a large whale off Southern Chile. International Whaling Commission Scientific Committee SC/61/BC7.

Buchan, S.J., Vásquez, P., Olavarría, C. & Castro, L.R. 2021. Prey items of baleen whale species off the coast of Chile from fecal plume analysis. *Marine Mammal Science* 1–12.

Buschmann, A. H., Niklitschek, E. J., & Pereda, S. (2021). Acuicultura y sus impactos en la conservación de la Patagonia chilena. In *Conservación en la Patagonia chilena: Evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos* (pp. 367–387). Ediciones UC.

Buschmann, A. H., Riquelme, V. A., Hernández-González, M. C., Varela, D., Jiménez, J. E., Henríquez, L. A., Vergara, P. A., Guíñez, R., & Filún, L. (2006). A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the Southeast Pacific. *ICES Journal of Marine Science*, 63(7), 1338-1345. <https://doi.org/10.1016/j.icesjms.2006.04.021>

Buschmann, A. H., Tomova, A., López, A., Maldonado, M. A., Henríquez, L. A., Ivanova, L., Moy, F., Godfrey, H. P., & Cabello, F. C. (2012). Salmon aquaculture and antimicrobial resistance in the marine environment. *PLOS ONE*, 7(8), e42724. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0042724>

Cabello, F. C. (2006). Heavy use of prophylactic antibiotics in aquaculture: A growing problem for human and animal health and for the environment. *Environmental Microbiology*, 8(7), 1137-1144. <https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2006.01054.x>

Cabello, F. C., Godfrey, H. P., Buschmann, A. H., & Dölz, H. J. (2016). Aquaculture as yet another environmental gateway to the development and globalization of antimicrobial resistance. *The Lancet: Infectious Diseases*, 16(7), e127–e133- [https://doi.org/10.1016/s1473-3099\(16\)00100-6](https://doi.org/10.1016/s1473-3099(16)00100-6)

Cabello, F. C., Godfrey, H. P., Tomova, A., Ivanova, L., Dölz, H., Millanao, A., & Buschmann, A. H. (2013). Antimicrobial use in aquaculture re-examined: Its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. *Environmental Microbiology*, 15(7), 1917-1942. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.12134>.

Calambokidis J, GH Steiger, JM Straley, LM Herman, S Cerchio, DR Salden, et al. 2001. Movements and population structure of humpback whales in the North Pacific. *Marine Mammal Science* 17: 769-794.

Canto J, P Ruiz & JC Cárdenas. 1991. Necropsia de ballena franca austral *Eubalaena australis* y consideraciones sobre manejo de la especie. *Boletín del Museo Nacional Historia Natural Chile* 42:105-111.

Castillo, C., Fernández, C., Gutiérrez, M. H., Aranda, M., Urbina, M. A., Yáñez, J., & Pantoja-Gutiérrez, S. (2020). Water column circulation drives microplastic distribution in the Martínez-Baker channels: A large fjord ecosystem in Chilean Patagonia. *Marine Pollution Bulletin*, 160, 111591. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111591>.

Cates, K., DeMaster, D. P., Brownell, R. L. Jr, Silber, G., Gende, S., Leaper, R., Ritter, F., & Panigada, S. (2017). *Strategic plan to mitigate the impacts of ship strikes on cetacean populations: 2017-2020*. International Whaling Commission.



Cáceres, B., Aguayo-Lobo, A. & Acevedo, J. 2016. Interacciones entre las pesquerías del bacalao de profundidad, *Dissostichus eleginoides* (Nototheniidae), el cachalote y la orca en el sur de Chile: Revisión del estado de conocimiento. *Anales del Instituto de la Patagonia* (Chile) 44(3): 21-38.

Cegarra, A. G., Malebran, M., & Van Waerebeek, K. (2021). Antofagasta Region in northern Chile, a potential nursing ground for the Southern right whale *Eubalaena australis*. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 16(1), 40-45.

Clapham PJ, SB Young & RL Brownell Jr. (1999). Baleen whales: Conservation issues and the status of the most endangered populations. *Mammal Review* 29: 35-60.

Clark, C. W., Ellison, W. T., Southall, B. L., Hatch, L., Van Parijs, S. M., Frankel, A., & Ponirakis, D. (2009). Acoustic masking in marine ecosystems: Intuitions, analysis, and implication. *Marine Ecology Progress Series*, 395, 201-222. <https://doi.org/10.3354/meps08402>

Cooke, J. G. (2018). *Balaenoptera musculus* (errata version published in 2019). The IUCN Red List of Threatened Species 2018: e.T2477A156923585. <https://doi.org/10.2305/IUCN.UK.2018-2.RLTS.T2477A156923585.en>

Dalebout, M., Mead, J., Baker, C., Baker, A., & van Helden, A. (2002). A new species of beaked whale *Mesoplodon perrini* sp. n. (Cetacea: Ziphiidae) discovered through phylogenetic analyses of mitochondrial DNA sequences. *Marine Mammal Science*, 18(3), 577-608. <https://doi.org/10.1111/j.1748-7692.2002.tb01061.x>

Daskalov, G. M. (2002). Overfishing drives a trophic cascade in the Black Sea. *Marine Ecological Progress Series*, 225, 53–63. <https://doi.org/10.3354/meps225053>

De Leaniz, C. G., Gajardo, G., & Consuegra, S. (2010). From best to pest: Changing perspectives on the impact of exotic salmonids in the Southern hemisphere. *Systematics and Biodiversity*, 8(4), 447-459. <https://doi.org/10.1080/14772000.2010.537706>

Doughty, C. E., Roman, J., Faurby, S., Wolf, A., Haque, A., Bakker, E. S., & Svenning, J. C. (2016). Global nutrient transport in a world of giants. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(4), 868-873. <https://doi.org/10.1073/pnas.1502549112>

Díaz López, B., & Bernal Shirai, J. A. (2007). Bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*) presence and incidental capture in a marine fish farm on the north-eastern coast of Sardinia (Italy). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(1), 113-117. <https://doi.org/10.1017/S0025315407054215>

Eby, L. A., Crowder, L. B., McClellan, C. M., Powers, M. J., & Peterson, C. H. (2005). Habitat degradation from intermittent hypoxia: Impacts on demersal fishes. *Marine Ecology Progress Series*, 291, 249-262. <https://doi.org/10.3354/meps291249>

Español-Jiménez, S., Abaud, C., Aceituno, C., Alvarado-Rybak, M., Borroni, C., Chiang, G., Diaz, J., Espejo, W., Estay, M. L., García-Cegarra, A. M., González, C., Gutierrez, B., Gutierrez, J., Henríquez, D., Hirmas, A., Mejías, P., Meriño, C., Molina, C., Naretto, C., ... Undurraga, R. (2020). First Genetic Record of a Strap-Toothed Beaked Whale (*Mesoplodon layardii*) Stranding in Chile. *Aquatic Mammals*, 46(6), 542-548. <https://doi.org/10.1578/AM.46.6.2020.542>

Español Jiménez, S., Abaud, C., Aceituno, C., Alvarado Rybak, M., Borroni, C., Chiang, G., ... & Undurraga, R. (2020). First genetic record of a strap-toothed beaked whale (*Mesoplodon layardii*) stranding in Chile. *Aquatic Mammals*, 46: 542–548.

Espinosa-Miranda C, Cáceres B, Blank O, Fuentes-Riquelme M, Heinrich S (2020) Entanglements and Mortality of Endemic Chilean Dolphins (*Cephalorhynchus eutropia*) in Salmon Farms in Southern Chile. *Aquatic Mammals* 46: 337–343. <https://doi.org/10.1578/AM.46.4.2020.337>

Figuerola, J., Cárcamo, J., Yanez, A., Olavarria, V., Ruiz, P., Manríquez, R., & Avendaño Herrera, R. (2019). Addressing viral and bacterial threats to salmon farming in Chile: Historical contexts and perspectives for management and control. *Reviews in Aquaculture*, 11(2), 299-324. <https://doi.org/10.1111/raq.12333>

Findlay K, R Pitman, T Tsurui, K Sakai, P Ensor, H Iwakami, D Ljungblad, H Shimada, D

Ford, JKB. 2018. Killer Whale *Orcinus orca*. In: W. Perrin, B. Würsig, J. Thewissen (Eds.) *Encyclopedia of marine mammals*, Third edition. San Diego, CA: Academic Press, pp. 531–537.

- Försterra, G., Häussermann, V., & Laudien, J. (2017). Marine animal forests: The ecology of benthic biodiversity hotspots. In G. Försterra, V. Häussermann, & J. Laudien (Eds.), *Animal forests in the Chilean fjords: Discoveries, perspectives, and threats in shallow and deep waters* (pp. 277-313). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17001-5_3-1
- Galletti-Vernazzani B, A Chirife, E Cabrera, M Sironi & RL Brownell Jr. 2017. Entanglement and death of a Critically Endangered Eastern South Pacific southern right whale (*Eubalaena australis*) in Chile. Document SC/67A/HIM/14 presented to the Scientific Committee of the International Whaling Commission.
- García-Cegarra, A., & Pacheco, A. S. (2019). Collision risk areas between fin and humpback whales with large cargo vessels in Mejillones Bay (23°S), northern Chile. *Marine Policy*, 103, 182-186. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.12.022>
- García de Leaniz, C., Gajardo, G., & Consuegra, S. (2010). From best to pest: Changing perspectives on the impact of exotic salmonids in the Southern Hemisphere. *Systematics & Biodiversity*, 8(4), 447-459. <https://doi.org/10.1080/14772000.2010.537706>
- Gibbons, J., Capella, J., & Valladares, C. (2003). Rediscovery of a humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) feeding ground in the Straits of Magellan, Chile. *Journal of Cetacean Research and Management*, 5, 203-208. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v5i2.818>
- Goodall, R. N. P., Norris, K. S., Galeazzi, A. R., Oporto, J. A., & Cameron, I. S. (1988). On the Chilean dolphin, *Cephalorhynchus eutropia* (Gray 1846). *Report of the International Whaling Commission*, 9, 197-257. <https://doi.org/10.5772/intechopen.98680>
- Goodall R. N. P. (1994) Chilean dolphins *Cephalorhynchus eutropia* (Gray, 1846). In: Ridgway SH, Harrison SR (eds) *Handbook of marine mammals*, 269–287. Academic Press, San Diego.
- Goodall R. N. P, Schiavini ACM, Fermani C (1994) Net fisheries and net mortality of small cetaceans off Tierra del Fuego, Argentina. *Rep Int Whal Comm* 15 (special issue):295–304
- Guzman, H. M., Capella, J. J., Valladares, C., Gibbons, J., & Condit, R. (2020). Humpback whale movements in a narrow and heavily-used shipping passage, Chile. *Marine Policy*, 118: 103990.
- Guzmán, A. (2006). Avistamientos de ballenas azul *Balaenoptera musculus* (Linnaeus, 1758) y sei *B. borealis* Lesson, 1828 en la costa nor-occidental de la isla de Chiloé, Chile. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural* 55: 51-60.
- Guzmán, D., & Silva, N. (2006). Condiciones oceanográficas físicas y químicas, entre Boca del Guafo y Fiordo Aysén (Crucero CIMAR 7 Fiordos). *Ciencia y Tecnología del Mar*, 29, 25-44.
- Guzmán, H. M., Capella, J. J., Valladares, C., Gibbons, J., & Condit, R. (2020). Humpback whale movements in a narrow and heavily-used shipping passage, Chile. *Marine Policy*, 118, 103990. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2020.103990>
- Hain J, G Carter, S Kraus, C Mayo & H Winn. 1982. Feeding behaviour of the humpback whale, *Megaptera novaeangliae*, in the western North Atlantic. *Fishery Bulletin* 80: 259-268.
- Hammerschlag, N., Schmitz, O. J., Flecker, A. S., Lafferty, K. D., Sih, A., Atwood, T. B., ... & Cooke, S. J. (2019). Ecosystem function and services of aquatic predators in the Anthropocene. *Trends in Ecology & Evolution*, 34(4), 369-383. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2019.01.005>
- Hatch, L., Clark, C., Merrick, R., Van Parijs, S., Ponirakis, D., Schwehr, K., Thompson, M., & Wiley, D. (2008). Characterizing the relative contributions of large vessels to total ocean noise fields: A case study using the Gerry E. Studds Stellwagen Bank National Marine Sanctuary. *Environmental Management*, 42, 735–752. <https://doi.org/10.1007/s00267-008-9169-4>
- Hatch, L. T., Clark, C. W., Van Parijs, S. M., Frankel, A. S., & Ponirakis, D. W. (2012). Quantifying loss of acoustic communication space for right whales in and around a U.S. national marine sanctuary. *Conservation Biology*, 26(6), 983–994. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2012.01908.x>
- Heinrich, S. (2006). *Ecology of Chilean dolphins and Peale's dolphins at Isla Chiloé, Southern Chile* (Tesis de doctorado). University of St Andrews.



Heinrich, S., & Dellabianca, N. (2019). *Lagenorhynchus australis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T11143A50361589. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-1.RLTS.T11143A50361589.en>.

Heinrich, S., & Reeves, R. (2017). *Cephalorhynchus eutropia*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017: e.T4160A50351955. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2017-3.RLTS.T4160A50351955.en>

Heinrich, S., Genov, T., Fuentes-Riquelme, M., & Hammond, P. S. (2019). Fine-scale habitat partitioning of Chilean and Peale's dolphins and their overlap with aquaculture. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 29(S1), 212-226 <https://doi.org/10.1002/aqc.3153>.

Horwood, J. (2018). Sei whale *Balaenoptera borealis*. In: W. Perrin, B. Würsig, J. Thewissen (Eds.) *Encyclopedia of marine mammals*, Third edition. San Diego, CA: Academic Press, pp. 845–857.

Hosono, A., Iizuka, M., & Katz, J. (2016). *Chile's salmon industry: Policy challenges in managing public goods*. Tokyo, Japan: Springer.

Hucke-Gaete, R., Bedriñana-Romano, L., Viddi, F. A., Ruiz, J. E., Torres-Florez, J. P., & Zerbini, A. N. (2018). From Chilean Patagonia to Galapagos, Ecuador: Novel insights on blue whale migratory pathways along the Eastern South Pacific. *PeerJ*, 2018(4), 1–22. <https://10.7717/peerj.4695>

Hucke-Gaete, R., Haro, D., Torres-Florez, J. P., Montecinos, Y., Viddi, F., Bedriñana-Romano, L., Nery, M. F., & Ruiz, J. (2013). A historical feeding ground for humpback whales in the eastern South Pacific revisited: The case of northern Patagonia, Chile. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 23(6), 858-867. <https://doi.org/10.1002/aqc.2343>

Hucke-Gaete, R., Moro, P. L., & Ruiz, J. (2010). Conservando el mar de Chiloé, Palena y Guaitecas. *Synthesis of the study "Investigación para el desarrollo de área marina costera protegida Chiloé, Palena y Guaitecas" código bip*, 30040215-0.

Hucke-Gaete, R., Osman, L. P., Moreno, C. A., Findlay, K. P., & Ljungblad, D. K. (2004). Discovery of a blue whale feeding and nursing ground in southern Chile. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(Suppl. 4), S170-S173. <https://10.1098/rsbl.2003.0132>

Hucke-Gaete, R., Osman, L. P., Moreno, C. A., Findlay, K. P., & Ljungblad, D. K. 2004. Discovery of a blue whale feeding and nursing ground in southern Chile. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 271(Suppl_4), S170–S173.

Hucke-Gaete, R., Viddi, F.A. & Simeone, A. (2021). Aves y mamíferos marinos de la Patagonia chilena: especies focales para la conservación de los ecosistemas marinos. In: Castilla, J.C., Armesto, J.J. & MartínezHarms, M.J. (Eds.) *Conservación en la Patagonia Chilena: Evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos (pp 289.320)*. Santiago, Chile: Ediciones UC.

Hucke Gaete, R., Haro, D., Torres Florez, J. P., Montecinos, Y., Viddi, F., Bedriñana Romano, L., ... & Ruiz, J. (2013). A historical feeding ground for humpback whales in the eastern South Pacific revisited: the case of northern Patagonia, Chile. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 23: 858-867.

Häussermann, V. & Försterra, G. (2009). In: Puerto Montt: Nature in Focus. *Marine benthic fauna of Chilean Patagonia*. In: *Nature in Focus: Chile: Patagonia Marina*

Häussermann, V., Gutstein, C. S., Bedington, M., Cassis, D., Olavarria, C., Dale, A. C., Valenzuela-Toro, A. M., Perez-Alvarez, M. J., Sepúlveda, H. H., McConnell, K. M., Horwitz, F. E., & Försterra, G. (2017). Largest baleen whale mass mortality during strong El Niño event is likely related to harmful toxic algal bloom. *PeerJ*, 5, e3123. <https://https://doi.org/10.7717/peerj.3123>

Iizuka, M., & Zanlungo, J. P. (2016). Environmental collapse and institutional restructuring: The sanitary crisis in the Chilean salmon industry. En A. Hosono, M. Iizuka, & J. Katz (Eds.), *Chile's salmon industry: Policy challenges in managing public goods* (pp. 109–135). Tokyo, Japan: Springer. <https://10.1007/978-4-431-55766-1>

Jorquera, A., Castillo, C., Murillo, V., Araya, J., Pinochet, J., Narváez, D., Pantoja-Gutiérrez, S., & Urbina, M. A. (2022). Physical and anthropogenic drivers shaping the spatial distribution of microplastics in the marine sediments of Chilean fjords. *Science of the Total Environment*, 814, 152506. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152506>

- Kemper, C., Coughran, D., Warneke, R., Pirzl, R., Watson, M., Gales, R., & Gibbs, S. (2008). Southern right whale (*Eubalaena australis*) mortalities and human interactions in Australia, 1950–2006. *Journal of Cetacean Research and Management*, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v10i1.653>
- Kemper, C. M., & Gibbs, S. E. (2001). Dolphin interactions with tuna feedlots at Port Lincoln, South Australia, and recommendations for minimizing entanglements. *Journal of Cetacean Research and Management*, 3(3), 283–292. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v3i3.879>
- Kemper, C. M., Pemberton, D., Cawthorn, M., Heinrich, S., Mann, J., Würsig, B., Shaughnessy, P., & Gales, R. (2003). Aquaculture and marine mammals: Co-existence or conflict? En N. Gales, M. Hindell, & R. Kirkwood (Eds.), *Marine mammals: Fisheries, tourism and management issues* (pp. 208–224). CSIRO Publishing.
- Kemper, N. (2008). Veterinary antibiotics in the aquatic and terrestrial environment. *Ecological Indicators*, 8(1), 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.06.002>
- Kiszka, J. J., Woodstock, M. S., & Heithaus, M. R. (2022). Functional roles and ecological importance of small cetaceans in aquatic ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 9, 803173. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.803173>
- Klinger, D., & Naylor, R. (2012). Searching for solutions in aquaculture: Charting a sustainable course. *Annual Review of Environment and Resources*, 37, 247–276. <https://doi.org/10.1146/annurev-envi-ron-021111-161531>
- Lassalle, G., Gascuel, D., Le Loc'h, F., Lobry, J., Pierce, G. J., Ridoux, V., ... & Niquil, N. (2012). An ecosystem approach for the assessment of fisheries impacts on marine top predators: The Bay of Biscay case study. *ICES Journal of Marine Science*, 69(6), 925–938. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fss049>
- Lescrauwaet, A. (1997). Notes on the behavior and ecology of the Peale's dolphin, *Lagenorhynchus australis*, in the Strait of Magellan, Chile. *Report of the International Whaling Commission*, 47, 747–755.
- MacLeod, C. D., Perrin, W. F., Pitman, R., Barlow, J., Ballance, L. D., D'Amico, A., Gerrodette, T., Joyce, G., Mullin, K. D., Palka, D. L., & Waring, G. T. (2006). Known and inferred distributions of beaked whale species (Cetacea: Ziphiidae). *Journal of Cetacean Research and Management*, 7(3), 271–286. <https://doi.org/10.47536/jcrm.v7i3.737>
- Mazzoldi, C., Bearzi, G., Brito, C., Carvalho, I., Desiderà, E., Endrizzi, L., Freitas, L., Giacomello, E., Giovos, I., Guidetti, P., Ressurreição, A., Tull, M., & MacDiarmid, A. (2019). From sea monsters to charismatic megafauna: Changes in perception and use of large marine animals. *PLOS ONE*, 14(12), e0226810. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226810>
- McKenna, M. F., Calambokidis, J., Oleson, E. M., Laist, D. W., & Goldbogen, J. A. (2015). Simultaneous tracking of blue whales and large ships demonstrates limited behavioral responses for avoiding collision. *Endangered Species Research*, 27, 219–232. <https://doi.org/10.3354/esr00666>
- Mead J & W Potter. 1990. Natural history of bottlenose dolphins along the central Atlantic coast of the United States. En: Leatherwood S & R Reeves (ed.). The bottlenose dolphin. pp 165–195. Academic Press, San Diego.
- Meynecke, J. O., Samanta, S., de Bie, J., Seyboth, E., Prakash Dey, S., Fearon, G., Vichi, M., Findlay, K., Roychoudhury, A., & Mackey, B. (2023). Do whales really increase the oceanic removal of atmospheric carbon? *Frontiers in Marine Science*, 10, 1117409. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1117409>
- Millanao, A., Gómez, C., Tomova, A., Buschmann, A., Dolz, H., & Cabello, F. C. (2011). Uso inadecuado y excesivo de antibióticos: Salud pública y salmonicultura en Chile. *Revista Médica de Chile*, 139(1), 107–118. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872011000100015>
- Miranda, C. D., Godoy, F. A., & Lee, M. R. (2018). Current status of the use of antibiotics and the antimicrobial resistance in the Chilean salmon farms. *Frontiers in Microbiology*, 9, 1284. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01284>
- Molinet, C., & Niklitschek, E. J. (2021). Pesquerías y conservación marina en la Patagonia chilena. En J. C. Castilla, J. J. Armesto, & M. J. Martínez-Harms (Eds.), *Conservación en la Patagonia Chilena: Evaluación del conocimiento, oportunidades y desafíos* (pp. 345–366). Santiago, Chile: Ediciones UC.



Mongabay Latam. (2021). *Una ballena esquivo cientos de embarcaciones en la Patagonia Norte de Chile* [Video]. YouTube. <https://youtu.be/GP1-UEJ8ZsE>

Moore, M. J., Van Der Hoop, J., Barco, S. G., Costidis, A. M., Gulland, F. M., Jepson, P. D., et al. (2013). Criteria and case definitions for serious injury and death of pinnipeds and cetaceans caused by anthropogenic trauma. *Diseases of Aquatic Organisms*, 103, 229-264. <https://doi.org/10.3354/dao02566>

National Marine Fisheries Service (NMFS). (2016). *Technical guidance for assessing the effects of anthropogenic sound in marine mammal hearing*. National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

National Oceanic and Atmospheric Administration. Department of Commerce (2016). *Fish and Fish Product Import Provisions of the Marine Mammal Protection Act*. Federal Register. The Daily Journal of the United States Government. <https://www.federalregister.gov/documents/2016/08/15/2016-19158/fish-and-fish-product-import-provisions-of-the-marine-mammal-protection-act>

Naylor, R. L., Goldburg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H., & Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790), 1017-1024. <https://doi.org/10.1038/35016500>

Niklitschek, E. J., Soto, D., Lafon, A., Molinet, C., & Toledo, P. (2013). Southward expansion of the Chilean salmon industry in the Patagonian fjords: Main environmental challenges. *Reviews in Aquaculture*, 5(3), 172-195. <https://doi.org/10.1111/raq.12012>

Olavarria C, Acevedo J, Vester HI, et al (2010) Southernmost distribution of common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) in the Eastern South Pacific. *Aquatic Mammals* 36:288–293.

Olavarría, C., Pashuk, K.-L., Landreth, G., Torres, D., Rodríguez, F., Arrau, F. P., Reiss, L., Gutiérrez, M. B., Darwin, W., Häussermann, V., Gutstein, C. S., Pérez-Álvarez, M. J., Ulloa, M., Jackson, J. A., Fretwell, P., Cubaynes, H., & Clarke, P. (2019). *Preliminary report on a new baleen whale mortality at the Golfo de Penas, Southern Chile, that occurred late 2019 summer*. Meeting Document of the IWC Scientific Committee (SC/68A/E/10).

Oporto, J.A., & Brieva, L.M. (1994). *Interacción entre la pesquería artesanal y pequeños cetáceos en la localidad de Queule (IX Región), Chile*. Anales IV Reunión de Trabajo de Especialistas en Mamíferos Acuáticos de América del Sur (p. 197). Recuperado de https://www.subpesca.cl/fipa/613/articulos-109525_informe_final.pdf

Outeiro, L., Häussermann, V., Viddi, F., Hücke-Gaete, R., Forsterra, G., Oyarzo, H., Kosiel, K., & Villasanté, S. (2015). Using ecosystem services mapping for marine spatial planning in Southern Chile under scenario assessment. *Ecosystem Services*, 16, 341-353. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.03.004>

Peel, D., Smith, J. N., & Childerhouse, S. (2018). Vessel strike of whales in Australia: The challenges of analysis of historical incident data. *Frontiers in Marine Science*, 5, 69. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00069>

Prieto Figelist, C. (2018). Breve análisis de la Ley 20.293 de protección de los cetáceos a 10 años de su entrada en vigencia. *Justicia Ambiental* 10 años.

Pérez, M. J., Álvarez, E., Aguayo-Lobo, A., & Olavarría, C. (2007). Occurrence and distribution of Chilean dolphin (*Cephalorhynchus eutropia*) in coastal waters of central Chile. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 41, 405-409. <https://doi.org/10.1080/00288330709509931>

Pérez-Venegas, D. J., Toro-Valdivieso, C., Ayala, F., Brito, B., Iturra, L., Arriagada, M., Seguel, M., Barrios, C., Sepúlveda, M., Oliva, D., Cárdenas-Alayza, S., Urbina, M. A., Jorquera, A., Castro-Nallar, E., & Galbán-Malagón, C. (2020). Monitoring the occurrence of microplastic ingestion in Otariids along the Peruvian and Chilean coasts. *Marine Pollution Bulletin*, 153, 110966. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110966>

Pérez-Álvarez, M. J., Estevez, R., Gelcich, S., Heinrich, S., Olavarría, C., Santos-Carvalho, M., Sepúlveda, M., Medrano, C., Rodríguez, C., & Espinosa-Miranda, C. (2020). Evaluación de la interacción del delfín chileno (*Cephalorhynchus eutropia*) y actividades de pesca costera y acuicultura a lo largo de su distribución. Fase 1. Informe Final Proyecto FIPA 2018-43 (262 pp + Anexos).

- Pérez-Álvarez, M. J., Olavarria, C., Moraga, R., Baker, C. S., Hamner, R. M., & Poulin, E. (2015). Microsatellite markers reveal strong genetic structure in the endemic Chilean dolphin. *PLOS ONE*, 10(4), e0123956. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0123956>
- Pérez Álvarez, M. J., Rodríguez, F., Kraft, S., Segovia, N., Olavarria, C., Baker, C. S., Steel, D., Funahashi, N., Häussermann, V., Ulloa, M., & Naretto, C. (2021). Phylogeography and demographic inference of the endangered sei whale, with implications for conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(12), 3554-3563. <https://doi.org/10.1002/aqc.3717>
- Quiñones, R. A., Fuentes, M., Montes, R. M., Soto, D., & León Muñoz, J. (2019). Environmental issues in Chilean salmon farming: A review. *Reviews in Aquaculture*, 11(2), 375-402. <https://doi.org/10.1111/raq.12337>
- Rasmussen, K., Palacios, D. M., Calambokidis, J., Saborío, M. T., Dalla Rosa, L., Secchi, E. R., Steiger, G. H., Allen, J. M., & Stone, G. S. (2007). Southern Hemisphere humpback whales wintering off Central America: Insights from water temperature into the longest mammalian migration. *Biology Letters*, 3(3), 302-305. <https://1098/rsbl.2007.0067>
- Reeves R, B Stewart, P Clapham & J Powell. 2002. Guide to marine mammals of the world. Knopf, Inc. New York. 527 pp.
- Rendell, L., & Whitehead, H. (2001). Culture in whales and dolphins. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(2), 309-324. <https://doi.org/10.1017/S0140525X0100396X>
- Rendell, L., Whitehead, H., & Escribano, R. (2004). Sperm whale habitat use and foraging success off northern Chile: evidence of ecological links between coastal and pelagic systems. *Marine Ecology Progress Series*, 275, 289-295.
- Reyes, J.C. & Oporto, J.A. (1994) Gillnet fisheries and cetaceans in the southeast Pacific. *Report of the International Whaling Commission* 15: 407-474.
- Reyes, J. C., & Oporto, J. A. (1994). Gillnet fisheries and cetaceans in the Southeast Pacific. *Report of the International Whaling Commission (Special Issue 15)*, 467-474.
- Reyes J. 2009. Burmeister's Porpoise *Phocoena spinipinnis*. En: Perrin W, B Würsig & J Thewissen (ed.). *Encyclopedia of Marine Mammals*. pp 163-167. Academic Press, San Diego.
- Ribeiro, S., Viddi, F. A., Cordeiro, J. L., & Freitas, T. R. O. (2007). Fine-scale habitat selection of Chilean dolphins (*Cephalorhynchus eutropia*): Interactions with aquaculture activities in Southern Chiloé Island, Chile. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 87(1), 119-128. <https://10.1017/S0025315407051594>
- Rolland, R. M., Parks, S. E., Hunt, K. E., Castellote, M., Corkeron, P. J., Nowacek, D. P., Wasser, S. K., & Kraus, S. D. (2012). Evidence that ship noise increases stress in right whales. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1737), 2363-2368. <https://doi.org/10.1098/rspb.2011.2429>
- Roman, J., & McCarthy, J. 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>
- Roman, J., Estes, J. A., Morissette, L., Smith, C., Costa, D., McCarthy, J., Nation, J. B., Nicol, S., Pershing, A., & Smetacek, V. (2014). Whales as marine ecosystem engineers. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(7), 377-385. <https://doi.org/10.1890/130220>
- Rosario-Delestre, R., Rodríguez-López, M., Mignucci Giannoni, A., & Mead, J. (1999). New records of beaked whales (*Mesoplodon* spp.) for the Caribbean. *Caribbean Journal of Science*, 35, 144-148.
- Sanino, G. P., Van Bresseem, M. F., Van Waerebeek, K., & Pozo, N. (2014). Skin disorders of coastal dolphins at Añihué reserve, Chilean Patagonia: A matter of concern. *Boletín del Museo Nacional de Historia Natural*, 63, 127-157.
- Santillán L, M Roca, M Apaza, L Rosa de Oliveira & K Auton. 2004. New record of mother-calf pair of Southern right whale, *Eubalaena australis*, off the Peruvian coast. *The Latin American Journal of Aquatic Mammals* 3(1): 85-86.
- Savoca, M. S., Czapanskiy, M. F., Kahane-Rapport, S. R., Gough, W. T., Fahlbusch, J. A., Bierlich, K. C., Segre, P. S., Di Clemente, J., Penry, G. S., Wiley, D. N., Calambokidis, J., Nowacek, D. P., Johnston, D.

W., Pyenson, N. D., Friedlaender, A. S., Hazen, E. L., & Goldbogen, J. A. (2021). Baleen whale prey consumption based on high-resolution foraging measurements. *Nature*, 599(7883), 85-90. <https://doi.org/10.1038/s41586-021-03991-5>

Schoeman, R. P., Patterson-Abrolat, C., & Plön, S. (2020). A global review of vessel collisions with marine animals. *Frontiers in Marine Science*, 7, 292. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00292>

Sears, R., & Perrin, W. F. (2009). Blue whale: *Balaenoptera musculus*. In Encyclopedia of marine mammals (pp. 120-124). Academic Press.

Sekiguchi, K., Klages, N. T. W., & Best, P. B. (1996). The diet of strap toothed whales (*Mesoplodon layardii*). *Journal of Zoology*, 239(3), 453-463.

Sepúlveda, M., Arismendi, I., Soto, D., Jara, F., & Farias, F. (2013). Escaped farmed salmon and trout in Chile: incidence, impacts, and the need for an ecosystem view. *Aquaculture Environment Interactions*, 4, 273-283. <https://doi.org/10.3354/aei00089>

Sernapesca. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile. (2009-2022). *Datos de Varamientos desde el año 2009 a diciembre de 2022*. https://www.sernapesca.cl/sites/default/files/01_base_2009_diciembre_2022.xlsx

Sernapesca. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile. (2019). *Rescates y varamientos de fauna marina 2019*. https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/informe_de_rescates_y_varamientos_2019-1.pdf

Sernapesca. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile. (2021). *Anuario Estadístico de Pesca 2020*. Servicio Nacional de Pesca. <http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/anuario-sestadisticos-de-pesca-y-acuicultura>

Sernapesca. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile. (2022, diciembre 29). Sernapesca entrega reporte de fiscalizaciones 2022. SERNAPESCA. <https://www.sernapesca.cl/noticias/sernapesca-entrega-reporte-de-fiscalizaciones-2022/>

Sielfeld W, Venegas C, Atalah A (1977) Consideraciones acerca del estado de los mamíferos marinos en Chile. *Anales del Instituto de la Patagonia*, 8: 297–312

Silber, G. K., Slutsky, J., & Bettridge, S. (2010). Hydrodynamics of a ship/whale collision. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 391, 10–19. <https://doi.org/10.3354/aei00089>

Silva, N., & Vargas, C. A. (2014). Hypoxia in Chilean Patagonian fjords. *Progress in Oceanography*, 129, 62-74. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2014.05.016>

Smith, C. R. (2006). Bigger is better: The role of whales as detritus in marine ecosystems. En H. A. Estes et al. (Eds.), *Whales, whaling and ocean ecosystems* (pp. 286-301). University of California Press.

Smith, P. R., Le Breton, A., Horsberg, T. E., & Corsin, F. (2009). Guidelines for antimicrobial use in aquaculture. En L. Guardabassi, L. B. Jensen, & H. Kruse (Eds.), *Guide to antimicrobial use in animals* (pp. 207–218). Blackwell Publishing.

Soto, D., Arismendi, I., Olivos, J. A., Canales Aguirre, C. B., Leon Muñoz, J., Niklitschek, E. J., Sepúlveda, M., Paredes, F., Gomez-Uchida, D., & Soria Galvarro, Y. (2023). Environmental risk assessment of non native salmonid escapes from net pens in the Chilean Patagonia. *Reviews in Aquaculture*, 15 (1), 198-219. <https://doi.org/10.1111/raq.12711>

Soto, D., Jara, F., & Moreno, C. A. (2001). Escaped salmon in the inner seas, Southern Chile: Facing ecological and social conflicts. *Ecological Applications*, 11(6), 1750-1762. [https://doi.org/10.1890/1051-0761\(2001\)011\[1750:ESITIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1051-0761(2001)011[1750:ESITIS]2.0.CO;2)

Stickney, R. R., & McVey, J. P. (2002). *Responsible marine aquaculture* (416 pp.). Wallingford, U.K.: CABI Publishing.

Subpesca. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. (2015). Resolución Exenta 9233 de 2015. *Aprueba programa especial para la protección y conservación de la ballena azul y otros mamíferos marinos en Chile*.

- Sèbe, M., Kontovas, C. A., & Pendleton, L. (2019). A decision-making framework to reduce the risk of collisions between ships and whales. *Marine Policy*, 109, 103697. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103697>
- Sorum, H. (2006). Antimicrobial drug resistance in fish pathogens. En F. M. Aarestrup (Ed.), *Antimicrobial resistance in bacteria of animal origin* (pp. 213–238). ASM Press. <https://doi.org/10.1128/9781555817534.ch13>
- Tacon, A. G., Metian, M., Turchini, G. M., & De Silva, S. S. (2009). Responsible aquaculture and trophic level implications to global fish supply. *Reviews in Fisheries Science*, 18(1), 94–105. <https://doi.org/10.1080/10641260903325680>
- Tett, P. (2008). Fish farm wastes in the ecosystem. In M. Holmer, K. Black, C. M. Duarte, N. Marbá, & I. Karakassis (Eds.), *Aquaculture in the ecosystem* (pp. 1–46). Heidelberg, Berlin: Springer-Verlag. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6810-2_1
- Thiele, K Van Waerebeek, R Huckle-Gaete & G Sanino. 1998. 1997/1998IWC- Southern Ocean Whale and Ecosystem Research (IWC/SOWER) Blue Whale Cruise, Chile.
- Thomas, M. (2016, November 30). 2nd humpback death in 2 weeks worries experts, farmed salmon industry. *CBC News, British Columbia*. <https://www.cbc.ca/news/canada/british-columbia/humpback-whale-deaths-1.3874915>
- Tomova, A., Ivanova, L., Buschmann, A. H., Godfrey, H. P., & Cabello, F. C. (2018). Plasmid-mediated quinolone resistance (PMQR) genes and class 1 integrons in quinolone-resistant marine bacteria and clinical isolates of *Escherichia coli* from an aquacultural area. *Microbial Ecology*, 75, 104–112. <https://doi.org/10.1007/s00248-017-1016-9>
- Tormosov DD, YA Mikhaliyev, PB Best, VA Zemsky, K Sekiguchi & RL Brownell Jr. 1998. Soviet catches of Southern right whales *Eubalaena australis*, 1951–1971. Biological data and conservation implications. *Biological Conservation*, 86: 185-197.
- Toro, F., Gutiérrez, J. M., Henríquez, A., Leichtle, J., Follador, N., Abarca, P., Calderón, C., Peña, C., Aravena, P., Henríquez, A., Rodríguez, D., Sánchez, C., & Pincheira, B. (2020). Report of two fin whale (*Balaenoptera physalus*) strandings associated with ship strikes in central-south coast of Chile. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 15, 8-14. <https://doi.org/10.5597/00255>
- Tyack, P. L., & Clark, C. W. (2000). Communication and acoustic behavior of dolphins and whales. In W. W. L. Au, A. N. Popper, & R. R. Fay (Eds.), *Hearing by whales and dolphins* (pp. 156–224). New York, NY: Springer-Verlag. http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4612-1150-1_4
- Urbina, M. A. (2016). Temporal variation on environmental variables and pollution indicators in marine sediments under sea salmon farming cages in protected and exposed zones in the Chilean inland Southern Sea. *Science of the Total Environment*, 573, 841–853. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.08.166>
- Vanderlaan, A. S. M., & Taggart, C. T. (2009). Efficacy of a voluntary area to be avoided to reduce risk of lethal vessel strikes to endangered whales. *Conservation Biology*, 23, 1467–1474. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2009.01329.x>
- Van Waerebeek, K., Baker, A. N., Felix, F., Gedamke, J., Iniguez, M., Sanino, G. P., Secchi, E., Sutaria, D., van Helden, A., & Wang, Y. (2007). Vessel collisions with small cetaceans worldwide and with large whales in the Southern Hemisphere, an initial assessment. *Latin American Journal of Aquatic Mammals*, 6, 43–69. <https://doi.org/10.5597/lajam00109>
- Vega, R., Ossa, L., Suárez, B., González, A., Henríquez, S., Ojeda, R., Jiménez, M., Ramírez, A., Le-Bert J., Simeone, A., Anguita, C. Sepúlveda, M., Pérez-Álvarez, M., Santos, M., Araya, H. 2018. Convenio de Desempeño 2017 Programa de observadores científicos 2017-2018. Programa de investigación del descarte y captura de pesca incidental en pesquerías pelágicas. Programa de monitoreo y evaluación de los planes de reducción del descarte y de la pesca incidental 2017- 2018



- Viddi, F. A. & Lescrauwaet, A. K. (2005). Insights on habitat selection and behavioral patterns of Peale's dolphins (*Lagenorhynchus australis*) in the Strait of Magellan, Southern Chile. *Aquatic Mammals*, 31: 176-183. <https://doi.org/10.1578/AM.31.2.2005.176>
- Viddi, F. A. (2008). *The Kepenklu project: Behavioural Ecology and Conservation of Small Cetaceans in the Northern Patagonian Fjords, Chile*. The Rufford Foundation. Final report 18 pp.
- Viddi, F.A. (2008). *The Kepenklu project: Behavioural Ecology and Conservation of Small Cetaceans in the Northern Patagonian Fjords, Chile*. The Rufford Foundation. Final report 18 pp.
- Viddi, F. A., Bedriñana, L., & Huckle-Gaete, R. (2023). *Potenciales riesgos e impactos en cetáceos de la acuicultura industrial de salmón, en la Patagonia chilena*. Programa Austral Patagonia de la Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Viddi, F. A., Harcourt, R. G., & Huckle-Gaete, R. (2015). Identifying key habitats for the conservation of Chilean dolphins in the fjords of Southern Chile. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 26: 506-516. <https://doi.org/10.1002/aqc.2553>
- Viddi, F. A., Harcourt, R. G., & Huckle-Gaete, R. (2016). Identifying key habitats for the conservation of Chilean dolphins in the fjords of southern Chile. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.*, 26: 506–516. <https://doi.org/10.1002/aqc.2553>
- Viddi, F. A., Harcourt, R.G., Huckle-Gaete, R. & Field, I.C. (2011). Fine-scale movement patterns of the sympatric Chilean and Peale's dolphins in the Northern Patagonian fjords, Chile. *Marine Ecology Progress Series*, 436: 245-256. <https://doi.org/10.3354/meps09219>
- Viddi, F. A., Huckle-Gaete, R., Torres-Florez, J. P., & Ribeiro, S. (2010). Spatial and seasonal variability in cetacean distribution in the fjords of northern Patagonia, Chile. *ICES Journal of Marine Science*, 67: 959-970. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq003>
- Viddi FA (2009) Behavioural ecology of small cetaceans in the Northern Patagonian fjords, Chile. Ph.D. thesis.
- Viddi FA, Lescrauwaet AK (2005) Insights on habitat selection and behavioural patterns of Peale's dolphins (*Lagenorhynchus australis*) in the Strait of Magellan, southern Chile. *Aquat Mamm* 31:176-183.
- Wedekin L, M Neves, M Marcondes, C Baracho, M Rossi-Santos, M Engel & P Simoes- Lopes. 2010. Site fidelity and movements of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) on the Brazilian breeding ground, southwestern Atlantic. *Marine Mammal Science*, 26: 787-802.
- Whitehead H. 2009. Sperm Whale *Physeter macrocephalus*. En: Perrin W, B Würsig & J Thewissen (ed.). *Encyclopedia of marine mammals*. pp 1091-1097. Second edition, San Diego.
- Würsig, B., Thewissen, J. G. M & Kovacs, K.M. (2018). *Encyclopedia of marine mammals*. Academic Press.
- Sernapesca. Ministerio de Economía, Fomento y Turismo, Gobierno de Chile. (2022). *Fiscalización en Pesca y Acuicultura. Informe de Actividades Servicio Nacional De Pesca y Acuicultura*. https://www.sernapesca.cl/app/uploads/2023/11/ifpa_2022.pdf



ANEXO

Cetáceos más frecuentemente avistados en la Patagonia chilena

↔
Largo máximo

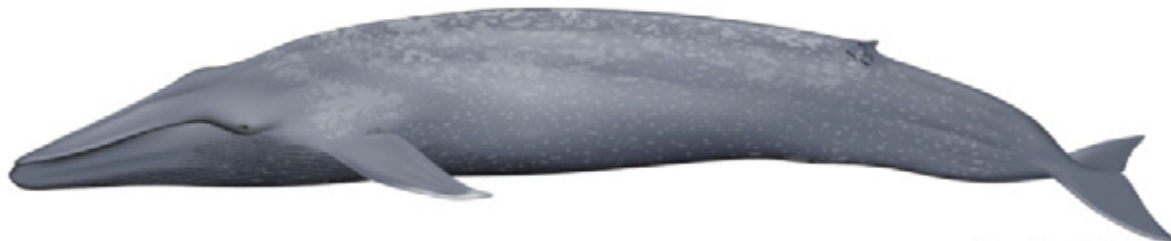
⚖️
Peso

📍
Distribución y hábitat

🐟
Alimentación

⚠️
Amenazas

👁️
Estado de conservación



Ballena azul (*Balaenoptera musculus*)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 33 m.

⚖️ 50 - 150 ton.



Cosmopolita. Habita todos los océanos del planeta, tanto en costas como en aguas oceánicas. En Chile, se encuentra principalmente en la Patagonia norte, donde se alimenta y lleva a cabo cuidado parental.



Se alimenta casi exclusivamente de krill, consumiendo alrededor de 6 toneladas diarias.



Sufrió una reducción poblacional por la caza comercial asociada a la industria ballenera desde finales del siglo XIX hasta la primera mitad del siglo XX. Sus principales amenazas actuales son los enmallamientos y las colisiones con embarcaciones.



En Peligro (UICN y RCE).



Ballena sei (*Balaenoptera borealis*)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 20 m.

⚖️ 20 ton.



Cosmopolita y oceánica. En Chile, es avistada frecuentemente en Concepción/Talcahuano, Isla Grande de Chiloé, Patagonia y el estrecho de Magallanes.



Se alimenta de copépodos, eufáusidos y peces pelágicos pequeños.



Caza comercial y enmallamientos accidentales en salmonicultura.



En Peligro (UICN) y En Peligro Crítico (RCE).



Ballena jorobada (*Megaptera novaeangliae*)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 17 m.

🛒 40 ton.



Cosmopolita, costera y altamente migratoria. En Chile, habita desde Iquique hasta la Antártica.



Es generalista y se alimenta de peces como arenques, sardinas, anchovetas y también krill. Utiliza redes de burbujas para atrapar a sus presas.



Caza comercial, enmallamientos y colisiones en el estrecho de Magallanes.



Preocupación Menor (IUCN) y Vulnerable (RCE).



Ballena franca austral (*Eubalaena australis*)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 18 m.

🛒 100 ton.



Circumpolar en el hemisferio sur. En Chile, es avistada desde Arica a Magallanes.



Se alimenta principalmente de copépodos y krill en latitudes altas.



Caza comercial, enmallamientos y colisiones con embarcaciones.



Subpoblación Chile-Perú en Peligro Crítico (IUCN) y En Peligro (RCE).



Delfín chileno

(*Cephalorhynchus eutropia*)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 1,7 m.

📊 67 kg.



Fragmentada y en parches. Habita aguas costeras poco profundas. Es endémico de Chile, habita desde Valparaíso hasta Isla Navarino.



Se alimenta de peces costeros, como sardinas y anchovetas, y posiblemente de cefalópodos y crustáceos.



Captura incidental en redes pesqueras y acuicultura.



Casi Amenazado (IUCN y RCE XI-XII).



Delfín austral

(*Lagenorhynchus australis*)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 2,2 m.

📊 115 kg.



Asociada a bancos de algas en fiordos patagónicos. Habita desde Valdivia hasta Cabo de Hornos.



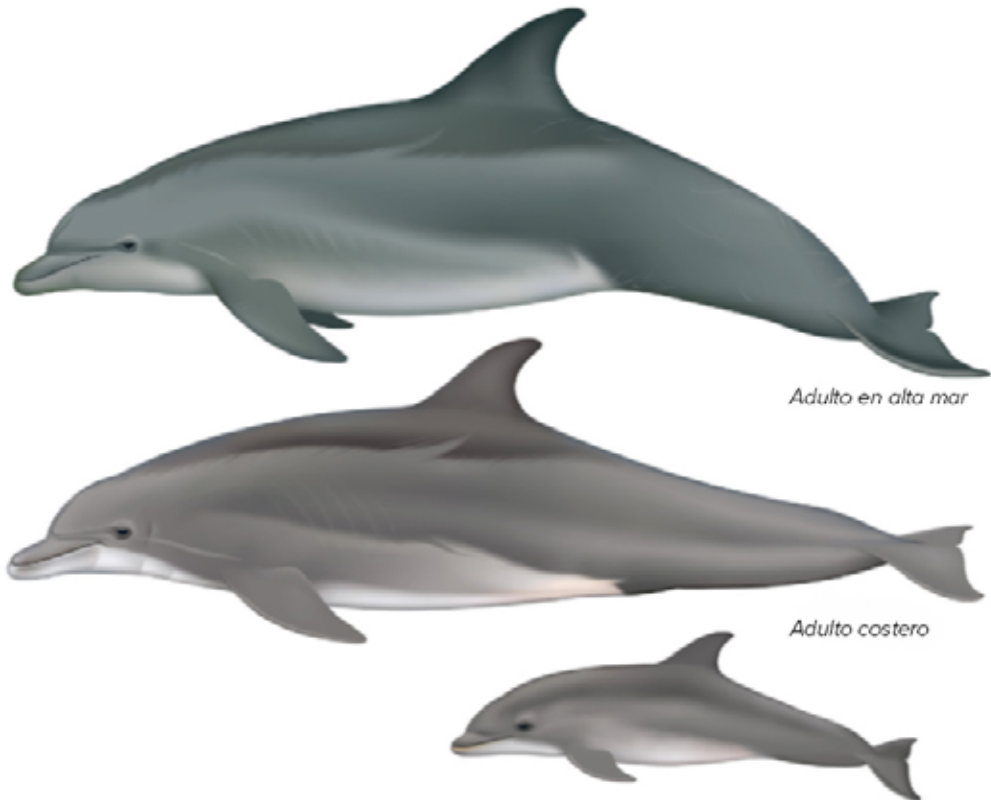
Es piscívoro y teutófago, se alimenta de peces demersales y cefalópodos pequeños.



Captura directa histórica para carnada en la pesca de centolla y captura incidental.



Preocupación Menor (IUCN y RCE).



Delfín nariz de botella (*Tursiops truncatus*)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 3,8 m.

🛒 Variable (150 a 650 kg).



Cosmopolita, costera y estuarina. En Chile, habita desde Arica hasta el estrecho de Magallanes.



Generalista y oportunista. Se alimenta de peces, calamares, rayas y tiburones pequeños.



Captura incidental en pesquerías.



Preocupación Menor (IUCN y RCE).



Orca (*Orcinus orca*)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 9 m.

📊 7 ton.



Cosmopolita. Habita desde Ecuador hasta las zonas polares. En Chile, habita desde Pisagua hasta la Antártica.



Varía según la población. Se alimenta desde peces pequeños hasta grandes mamíferos marinos, como focas y ballenas.



Captura incidental en redes salmoneras.



Datos Insuficientes (IUCN y RCE).



Cachalote

(Physeter macrocephalus)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 16 m.

🛒 45 ton.



Cosmopolita. Habita principalmente en aguas profundas. En Chile, habita desde Arica hasta el Paso Drake.



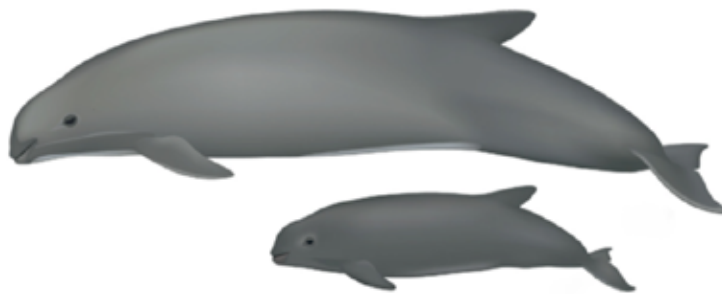
Se alimenta principalmente de calamares, pero también de peces y crustáceos en aguas chilenas.



Caza comercial histórica y captura incidental en pesquerías.



Vulnerable (IUCN y RCE).



Marsopa espinosa

(Phocoena spinipinnis)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 1,8 m.

🛒 80 kg.



Costera. Habita desde Perú hasta Cabo de Hornos.



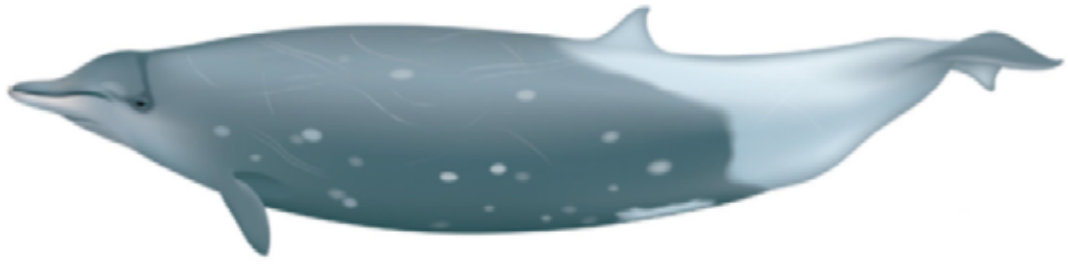
Se alimenta de peces costeros, como anchoveta y merluza común, así como de calamares en Argentina.



Captura incidental en redes de enmalle.



Casi Amenazado (UICN) y Datos Insuficientes (RCE).



Zifio de Layard (*Mesoplodon layardii*)

Ilustración: Würsig et al. (2018).

↔ 6 m.

🛒 3,2 ton.



Aguas profundas, más allá del borde de la plataforma continental. En Chile, es avistado en la Región de Magallanes.



Se alimenta principalmente de cefalópodos de gran profundidad.



Pocas amenazas conocidas, posible captura incidental y perturbación humana.



Preocupación Menor (IUCN) y Datos Insuficientes (RCE).



GREENPEACE